

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK HARİTALAMADA PEDOLOJİK VE COĞRAFİ DEĞİŞKENLER
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN SAYISAL ORTAMDA BELİRLENMESİ:
TEKİROVA ÖRNEĞİ

Ece AKSOY

DOKTORA TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

2011

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK HARİTALAMADA PEDOLOJİK VE COĞRAFİ DEĞİŞKENLER
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN SAYISAL ORTAMDA BELİRLENMESİ:
TEKİROVA ÖRNEĞİ

Ece AKSOY

DOKTORA TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (.....) not takdir edilerek Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa SARI (Danışman)	
Prof. Dr. Suat ŞENOL	
Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	
Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ	
Yrd. Doç. Dr. İlker UZ	

ÖZET

TOPRAK HARİTALAMADA PEDOLOJİK VE COĞRAFİ DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN SAYISAL ORTAMDA BELİRLENMESİ: TEKİROVA ÖRNEĞİ

Ece AKSOY

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa SARI

Ocak 2011, 344 Sayfa

Bu tez çalışmasında; günümüzdeki geleneksel toprak haritalama sistematğinde izlenen yöntemler bütününde yer alan ve önemli bir kısmı uzman insiyatifinde bulunan arazi (coğrafi) ve toprak (pedolojik) değişkenlerinin nitelik ve niceliklerinin belirlenmesi işleminin, uzman insiyatifi kullanılmadan sayısal verilerin ilişkisel sorgulamalarının yapılması ile belirlenip belirlenemeyeceğine ilişkin hususlar araştırılmış ve geleneksel toprak haritalama sistematğine alternatif bir metot geliştirilmiştir.

Antalya İli Tekirova Beldesi sınırları içerisindeki yaklaşık 58 ha’lık bir alanda uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve jeoistatistik teknik ve teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmiş olan bu çalışmada, 50 m aralıklı grid sistemine göre toplam 234 örnekleme noktası belirlenmiş ve her bir noktanın üç ayrı derinliğinden (0–30 cm, 30–90 cm, 90+ cm) 42 farklı arazi ve toprak değişkenine ait bilgiler toplanarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Söz konusu bu arazi ve toprak özelliklerinin konumsal bağımlı davranışları jeoistatistiksel yöntemlerle incelenmiş ve ölçüm noktaları arasındaki otokorelasyon, yani her bir değişkenin doğal olarak bulunduğu alanın yersel bağımlılıklarının derecesi belirlenmiştir. Daha sonra, aynı veri tabanında Kriging interpolasyon tekniği uygulanarak incelen toprak özelliklerinin örneklenmeyen nokta veya alanlardaki değerleri tahmin edilmiş ve bu değerlerin alandaki dağılım deseni saptanmıştır.

Alandaki mekânsal dağılımları belirlenen toprak özelliklerinin altlık haritaları üst üste çakıştırıldıktan sonra çeşitli sınıflandırma yöntemleri denenerek sınıflandırılmış ve alandaki toprak özelliklerini temsil eden sınıflardan oluşan bir adet altlık harita elde edilmiştir. Toprağa dair bireysel temsili pedolojik özelliklerin jeoistatistiksel yöntemlerle saptanmasından sonra, toprağın ait olduğu konumdaki coğrafi değişkenleri tespit edilmiştir. Toprak özellikleri ile coğrafi değişkenler arasındaki ilişkilerden yola çıkılarak ve diğer yardımcı verilerin de toprak haritalama sistematğine katılmasıyla toprak haritalaması için alternatif bir metot yaklaşımı geliştirilmiştir.

Çalışılan değişkenlerin jeoistatistiksel aralıkları dikkate alındığında araştırma alanı toprak özelliklerinden tekstür parametresinin 90+ cm derinliğinin orta derecede uzaysal bağımlılık göstermesi dışında bütün değişkenlerin kuvvetli uzaysal bağımlılık göstermekte olduğu bu tez çalışması ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre, en uzun mesafeli uzaysal bağımlılığın 1041m’de, en düşük mesafeli uzaysal bağımlılığın ise 204 m’de sona ermekte olduğu tespit edilmiştir. Bu rakamların diğer jeoistatistik uygulamalarda elde edilen değerlerden çok yüksek olduğu yapılan kaynak taramaları ile görülmüştür. Bunun dışında, değişkenlerin birbirleriyle yüksek korelasyon gösterdiği yapılan tanımlayıcı istatistik ve korelasyon analizleri ile saptanmıştır. Sonuç olarak, sayısal yöntemle hazırlanan toprak haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış olan harita kıyaslandığında, alansal olarak %72,4’lük bir uyumun bulunduğu ve ayrıca bu yeni yaklaşımla, geleneksel yöntemle hazırlanmış olan toprak haritasının barındırdığından çok daha detaylı bilgilerin elde edilebileceği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Sayısal toprak haritalama, Kriging interpolasyon, Jeostatistik, Pedometrik Haritalama

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa SARI

Prof. Dr. Suat ŞENOL

Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Yrd. Doç. Dr. İlker UZ

ABSTRACT

DETERMINING RELATIONSHIP BETWEEN PEDOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL VARIABLES OF SOIL MAPPING IN DIGITAL ENVIRONMENT: TEKİROVA CASE STUDY

Ece AKSOY

PhD Thesis in the Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa SARI

January 2011, 344 Pages

In this thesis, the possibility to determine the qualities and quantities of land (geographical) and soil (pedological) variables which are in the scope of methods that are followed in the traditional soil mapping systematics and a significant portion of which are under the initiative of experts; through the questioning of relational aspects of numerical data without expert initiative investigated and a method that is an alternative to traditional soil mapping systematics was developed.

In this study that is carried out by using remote sensing, geographic information systems and geostatistics techniques and technologies in Tekirova town which is a land of approximately 58 ha and a part of Antalya Province; a total of 234 sampling points determined according to a 50 m grid system have been appointed and a database has been created by collecting information on 42 different land and soil variables from three different depths (0 -30 cm, 30-90 cm, 90 + cm) of each sampling point. The spatial dependence behavior and soil properties of this land have been analyzed using geostatistical methods and autocorrelation among measurement points, in other words, the degree of spatial dependence of each variable that are naturally located, has been examined. Afterwards, the values in the lands other than the sampling points have been estimated by applying the Kriging interpolation technique in the same data base of the examined soil properties and distribution pattern of these values have been determined in the field. After

the base maps of soil properties of which the spatial distribution has been determined are overlaid, they have been classified by testing different classification methods and one base map has been obtained that is representative of classes of soil properties in the area. After identification of individual representative pedological characteristics of soil using geostatistical methods; geographic variables belonging to the location of soil have been determined. An alternative method approach for soil mapping has been developed based on the relations between soil characteristics and geographic variables and by inclusion of other auxiliary data.

It is calculated by this study that; except for 90 + cm depth of texture parameter showing a moderate spatial dependence, all variables of the soil characteristics within the research area exhibit strong spatial dependence. According to these calculations, the longest-range spatial dependence ends at 1041 meters, while the lowest-range spatial dependence ends at 204 meters. It is seen from the literature survey that these figures are quite higher than the figures obtained from other geostatistical applications. In addition, it has been determined as a result of descriptive statistics and correlation analysis, that the variables show a strong correlation with each other. In conclusion, when the soil map prepared by the pedometric mapping method and the map prepared by using traditional methods are compared, it is seen that there is a 72.4% spatial coherence, and besides, much more detailed information can be obtained with this new approach, compared to soil maps prepared by traditional method.

KEYWORDS: Digital Soil Mapping, Kriging interpolation, Geostatistics, Pedometric mapping

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa SARI

Prof. Dr. Suat ŞENOL

Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Assoc. Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Asst. Prof. Dr. İlker UZ

ÖNSÖZ

Toprak kadar karmaşık ve çok değişkenli sistemlerin sayısal ortamda ve uzman insiyatifinden olabildiğince uzak bir biçimde sınıflandırılması ve haritalandırılması günümüzdeki ileri teknolojilerle bile oldukça zor bir hedeftir. Ama sonuçta yine de toprak uzmanının toprak haritalama sistematüğinde eğitim ve deneyimine dayalı bilgi birikimine dayanarak kurduğı ilişkişel ağlar ve bilişşel proseslerin tanımlanması ve formölize edilmesi imkânsız bir hedef değıldir çünkü toprak araştırmaları da bir ‘Bilgi Sistemi’dir.

Özellikle planlama yöntemlerine veri temin eden “toprak etüt ve haritalama” çalışmalarında, toprak rengi, kıvamı, strüktürü gibi gerçşek anlamda metrik olmayan hususların varlığı ya da jeomorfolojik ünite, eğim ile toprak derinliği, tabansuyu ile gleyizasyon, bitki örtüsü ile erozyon, yağış ile toprak profil özellikleri gibi ilişkililerin niceliksel olarak belirlenip plan kararlarına yansıtılmasında halen uzman insiyatifine bağımlı kalınması, optimum planlama ve yönetim tekniklerinin uygulanmasında umulmayan sorunlarla karşılaşılmamasına neden olmaktadır. Bu sebeple çok farklı disiplinler ve kullanıcılar tarafından temel harita olarak kullanılan toprak haritasının hazırlanmasında kullanılan geleneksel yöntemler bugün artık yerini modern sistematişlere bırakmalıdır.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile benzer diğşer arazi özelliklerinde de başarıyla kullanılabilcek bir sayısal toprak haritalama yöntemi geliştirilerek, Türkiye topraklarında bir alan için uygulanan ve tümüyle sayısal olan toprak haritalama örneğı başarıyla uygulanmıştır. Son olarak bu tez çalışması ile konusunda uzman ve uzun yılların tecrübe ve deneyimine sahip olan toprak uzmanının, toprak haritalama sistematüğı sırasında bilişşel işleyişine ait detaylı açıklamalar da literatüre kazandırılmış olmaktadır.

Bu doktora tez çalışması, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2009.03.0121.001 proje numarası ile desteklenmiştir.

Doktora tez çalışmam boyunca benden bilgi, deneyim ve desteğini hiç esirgemeyen, her zaman yol gösteren, arazi çalışmalarında hiç yorulmadan benimle birlikte çalışan, her türlü soruma büyük bir sabırla cevap veren Sayın Hocam Prof. Dr. Mustafa SARI'ya sonsuz teşekkürlerimi ve minnettarlığımı ifade etmek istiyorum. Ayrıca, her zaman bana büyük destek olan, umut ve güç veren, bana inanan Sayın Hocam Prof. Dr. Sibel MANSUROĞLU'na da sonsuz teşekkürler. Tezimi büyük bir titizlikle okuyan ve büyük katkılarda bulunan Sayın Hocalarım Prof. Dr. Suat ŞENOL, Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN ve Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ'a çok teşekkür ederim.

Benimle birlikte arazi çalışmalarımı günlerce yürüten ve her zaman her konuda benden yardımlarını ve dostluğunu hiç esirgemeyen A.Erdem TUNÇ'a; bilgisayar ve teknik desteği için Sayın Volkan SEPETCİ'ye; yine arazi çalışmalarında bana yardımcı olan Arş. Gör. Hüseyin KALKAN'a; Arş. Gör. Sedat ÇITAK'a çok teşekkür etmek istiyorum. Benimle bütün bilgi birikimi paylaşan, laboratuvar çalışmalarında bana destek olan, zor zamanlarımda destek veren sevgili oda arkadaşım Arş. Gör. Işın KOCABAŞ'a; zor zamanlarımda hep yanımda olan ve sevgi ve dostluklarını hiç esirgemeyen sevgili dostlarım Arş. Gör. Pınar GÜLYAVUZ ve Öğr. Gör. Nisa MENCET'e sonsuz teşekkürlerimi ifade etmek istiyorum.

Her zaman beni anlayan, zor zamanlarımda destek veren, bana güç, umut, yaşam enerjisi, sevgi ve dostluk veren canım dostlarım Dilek SEVER, Figan ÖZKARA, Ayşin ÖZKARA, Cem TUNCER, Aylin ONURSEV, Merih TAŞKAYA, Onur YETGİN, Özlem ÖZTÜRK, Pelin Burcu DAŞTAN ve Seval NAYMAN'a hayatımda oldukları için binlerce kez teşekkür ederim.

Ailem oldukları için her zaman gurur ve mutluluk duyduğum, benden sevgi, güç, umut ve desteklerini hiç esirgemeyen, bana inanan tüm aileme ama özellikle canım annem Engin AKSOY, kızkardeşim Deniz AKSOY, teyzem Tülay ULUTÜRK, kuzenim Aslı ULUTÜRK, halam Günay TEKİN, anneannem Perihan AKGÜN ve sevgili Ayhan GÜRÇAM'a binlerce kez teşekkür ederim.

Kızı olmaktan gurur duyduğum canım babam

Salih AKSOY'a...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT	V
ÖNSÖZ	VII
İÇİNDEKİLER.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXVI
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	3
2.1. Toprak Haritalama Sistematığı	3
2.1.1. Toprak haritalamada kullanılan genel kavramlar ve değişkenler	4
2.1.2. Geleneksel yöntem	32
2.1.3. Modern yöntemler	35
2.2. Jeostatistik.....	42
2.3. Toprak Haritalama Konusunda Yapılan Çalışmalara Dair Kaynak Araştırması	57
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	67
3.1. Materyal.....	67
3.1.1. Araştırma alanının genel özellikleri	67
3.1.1.1. Mevcut altyapı ve ulaşım	68
3.1.1.2. Antalya ili içerisindeki önemi	71
3.1.1.3. İklim.....	73

3.1.2. Araştırma alanının arazi ve toprak özellikleri	73
3.1.2.1. Alanın jeolojik ve jeomorfolojik yapısı	73
3.1.2.2. Çalışma alanının arazi kullanımları	79
3.1.2.3. Araştırma alanı topraklarının özellikleri	86
3.1.3. Araştırma alanı veri listesi	94
3.2. Yöntem	95
3.2.1. Yöntem akış şeması ve basamakları.....	95
3.2.2. Yöntemin Uygulanması	99
3.2.2.1. Pedolojik verilerin hazırlanması.....	99
3.2.2.2. Coğrafi verilerin hazırlanması.....	100
3.2.2.3. Diğer yardımcı verilerin sınıflandırmaya katılması.....	101
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	103
4.1 Pedolojik Değişkenlerin Analizi	103
4.1.1 Veritabanı hazırlanması	103
4.1.2 Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri ve korelasyon analizleri	113
4.1.3. Jeostatistiksel hesaplamalar	130
4.1.3. Altlık haritalar ve katmanların karşılaştırılması.....	138
4.1.4. Kontrolsüz sınıflama ve sorgulaması	246
4.1.5. Kontrollü sınıflama ve sorgulaması	251
4.1.7 Farklı sınıflandırma metotları ile hazırlanan toprak haritalarının karşılaştırılması	259
4.2 Coğrafi Değişkenlerin Analizi	267
4.2.1 Altlık haritaların hazırlanması.....	267
4.2.2 Sayısallaştırma	269
4.2.3 3 boyutlu modelleme ve altlık haritalar	273
4.2.4 Pedolojik ve coğrafi özelliklerin ilişkileri	299
4.3 Diğer Yardımcı Verilerin Sınıflandırmaya Katılması.....	310

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	321
----------------------------	-----

6. KAYNAKLAR	336
--------------------	-----

ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	Coordination of Information in the Environment (Çevre Bilgi Düzeni)
CTI	Compound Topographic or Wetness Index (Nem/topoğrafya indeksi)
DEM	Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DSM	Digital Soil Mapping (Sayısal Toprak Haritalama)
EEA	European Environment Agency (Avrupa Çevre Ajansı)
ESBN	European Soil Bureau Network (Avrupa Toprak Bürosu)
FAO	Food and Agricultural Organization (Gıda ve Tarım Organizasyonu)
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GATAB	Güney Antalya Turizm Gelişim Projesi
GPS	Global Positioning System (Global konumlandırma sistemi)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (Vejetasyon verisinin yıllık ortalaması)
RMSE	Root Mean Square Error (Ortalama karekök hatası)
SAR	Sodium Adsorption Rate (Sodyum adsorpsiyon oranı)
SPSS	Statistical Package for the Social Science (Sosyal bilimler için istatistik yazılımı)
SQL	Selected Query Language (Seçimli sorgulama dili)
TIN	Triangulated Irregular Networks (Düzensiz üçgenler ağı)
UA	Uzaktan Algılama
WRB	World Reference Base (Dünya referans sistemi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Arazi yüzey şekilleri (Soil Survey Manual, 1993).....	9
Şekil 2.2. Arazi yüzey şekli tanımlaması için kullanılan doğru çeşitleri (Soil Survey Manual, 1993)	10
Şekil 2.3. Siltten daha büyük toprak parçacıklarının sınıfları.	19
Şekil 2.4. Toprak tekstürü sınıflarının tayininde kullanılan “Tekstür Üçgeni”.....	20
Şekil 2.5. Munsell renk sisteminde, baskın ve ara renklerin Hue değerlerinin şematik ilişkisi	24
Şekil 2.6. Pedometri biliminin, etkileşimde olduğu diğer bilimsel ve teknik alanlarla ilişkilerinin tanımlanması (Hengl 2003)	36
Şekil 2.7. Yaygın olarak kullanılan semivariogram modelleri (Yetgin 2004)	50
Şekil 2.8. Semivariogram parametreleri.....	52
Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu	68
Şekil 3.2. Tekirova Belediyesi Ana Ulaşım Bağlantısı.....	69
Şekil 3.3. Tekirova Merkez ve Güneyindeki Çalışma Alanının Yerleşim ve Ulaşım Olanakları.....	71
Şekil 3.4. Çalışma alanının konumu	72
Şekil 3.5. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeolojik yapısı.....	74
Şekil 3.6. Çalışma alanına etkisi olan aktif ve pasif dereler ve dere yatakları.....	75
Şekil 3.7. Çalışma alanı jeomorfolojik ünitelerinin alandaki konumu	78
Şekil 3.8. Çalışma alanı jeomorfolojik ünitelerinin durumu	79
Şekil 3.9. Araştırma alanının 1967 yılı arazi kullanımının alansal dağılım grafiği.....	82
Şekil 3.10. Araştırma alanının 2010 yılı arazi kullanımının alansal dağılım grafiği.....	82
Şekil 3.11. Çalışma alanı arazi kullanımları a) 1967 yılı b) 2010 yılı.....	83
Şekil 3.12. Çalışma alanının CORINE arazi sınıflaması	85
Şekil 3.13. Büngüldeyik serisi toprakların profil özellikleri.....	88
Şekil 3.14. Zambaklı serisi toprakların profil özellikleri	89
Şekil 3.15. Çayırbaşı serisi toprakların profil özellikleri	91
Şekil 3.16. Kumtarla serisi toprakların profil özellikleri	92

Şekil 3.17. Yumruçakıl serisi topraklarının profil özellikleri	93
Şekil 3.18. Tez çalışması yönteminin akış diyagramı	96
Şekil 4.1. Toprak örnekleme noktalarının 50 metre aralıklarla alanda dağılımı	104
Şekil 4.2. Kriging yöntemlerinin karşılaştırması a) Ordinary-Disjunctive Kriging b) Ordinary-Simple Kriging c) Ordinary-Universal Kriging	132
Şekil 4.3. Ordinary Kriging yöntemi içerisinde farklı semivariogram modellerinin karşılaştırılması	133
Şekil 4.4. Toprağın 90+ derinlikteki ana materyal değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	141
Şekil 4.5. Ordinary Kriging ile toprağın 90+ derinliğine ait tahmin edilen ana materyal değerlerinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası	142
Şekil 4.6. Toprağın ana materyal bölgelemesi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	143
Şekil 4.7. Ordinary Kriging ile tahmin edilen ana materyal bölgelemesi değerlerinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası	144
Şekil 4.8. Horizonun toplam derinlik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	145
Şekil 4.9. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun regolit derinliğinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası	146
Şekil 4.10. Horizonun kök kısıtlayıcı derinlik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	147
Şekil 4.11. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun solum derinliğinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası	149
Şekil 4.12. Horizonun 0–30 cm derinliğinde tekstür değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	150

Şekil 4.13. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için tekstürel dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	151
Şekil 4.14. Horizonun 30-90 cm derinliğinde tekstür değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	152
Şekil 4.15. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30-90 cm derinliği için tekstürel dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	153
Şekil 4.16. Horizonun 90+ cm derinliğinde tekstür değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması.....	154
Şekil 4.17. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için tekstürel dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	156
Şekil 4.18. Horizonun 0-30 cm derinliğinde toprak rengi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	157
Şekil 4.19. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0-30 cm derinliğinde toprak rengi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	159
Şekil 4.20. Horizonun 30-90 cm derinliğinde toprak rengi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	160
Şekil 4.21. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30-90 cm derinliğinde toprak rengi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	162
Şekil 4.22. Horizonun 90+ cm derinliğinde toprak rengi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	163
Şekil 4.23. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliğinde toprak rengi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	164
Şekil 4.24. Horizonun 0-30 cm derinliğinde strüktür tipi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	166

Şekil 4.25. Ordinary Kriging ile tahmin edilen 0-30 cm derinliğinde strüktür tipi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	166
Şekil 4.26. Horizonun 90+ cm derinliğinde strüktür tipi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	168
Şekil 4.27. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliğinde strüktür tipi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	168
Şekil 4.28. Horizonun 0-30 cm derinliğinde strüktür büyüklüğü değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	169
Şekil 4.29. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0-30 cm derinliğinde strüktür büyüklüğü dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	170
Şekil 4.30. Horizonun 0-30 cm derinliğinde strüktür dayanıklılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	171
Şekil 4.31. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0-30 cm derinliği için strüktür dayanıklılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası ..	173
Şekil 4.32. Horizonun 90+ cm derinliğinde drenaj değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	174
Şekil 4.33. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için drenaj dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	175
Şekil 4.34. Horizonun 90+ cm derinliğinde organik materyal içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	178
Şekil 4.35. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için organik materyal içeriği dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	179
Şekil 4.36. Yüzey taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	180

Şekil 4.37. Ordinary Kriging ile tahmin edilen yüzey taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	181
Şekil 4.38. Horizonun taş tipi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	182
Şekil 4.39. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun taş tipi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	183
Şekil 4.40. Horizonun 0-30 cm derinliğinde profil taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	185
Şekil 4.41. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0-30 cm derinliği için profil taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	186
Şekil 4.42. Horizonun 30–90 cm derinliğinde profil taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	187
Şekil 4.43. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için profil taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	188
Şekil 4.44. Horizonun 90+ cm derinliğinde profil taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	189
Şekil 4.45. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için profil taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	190
Şekil 4.46. Horizonun 0–30 cm derinliğinde yapışkanlık değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	192
Şekil 4.47. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için yapışkanlık dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	193
Şekil 4.48. Horizonun 30–90 cm derinliğinde yapışkanlık değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	194

Şekil 4.49. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için yapışkanlık dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası....	195
Şekil 4.50. Horizonun 90+ cm derinliğinde yapışkanlık değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	196
Şekil 4.51. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için yapışkanlık dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	197
Şekil 4.52. Horizonun 0-30 cm derinliğinde plastiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	198
Şekil 4.53. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için plastiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	199
Şekil 4.54. Horizonun 30–90 cm derinliğinde plastiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	200
Şekil 4.55. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için plastiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	201
Şekil 4.56. Horizonun 90+ cm derinliğinde plastiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	202
Şekil 4.57. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için plastiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	204
Şekil 4.58. Horizonun 0–30 cm derinliğinde kireç değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması.....	205
Şekil 4.59. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için kireç dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	206
Şekil 4.60. Horizonun 30–90 ve 90+ cm derinliklerinin kireç değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	208

Şekil 4.61. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 ve 90+ cm derinlikleri için kireç dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	209
Şekil 4.62. Horizonun 0–30 cm derinliğinde reaksiyon değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	210
Şekil 4.63. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için reaksiyon dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	211
Şekil 4.64. Horizonun 30–90 cm derinliğinde reaksiyon değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	213
Şekil 4.65. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için reaksiyon dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	214
Şekil 4.66. Horizonun 0–30 cm derinliğinde tuzluluk değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	215
Şekil 4.67. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için tuzluluk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	216
Şekil 4.68. Horizonun 30–90 cm derinliğinde tuzluluk değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	217
Şekil 4.69. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için tuzluluk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	218
Şekil 4.70. Horizonun 30–90 cm derinliğinde aykırı katman değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	219
Şekil 4.71. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için aykırı horizonlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	220
Şekil 4.72. Horizonun 90+ cm derinliğinde aykırı katman değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	221

Şekil 4.73. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için aykırı katmanlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	223
Şekil 4.74. Horizonun 30–90 cm derinliğinde aykırı katman içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	224
Şekil 4.75. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için aykırı horizonlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	225
Şekil 4.76. Horizonun 90+ cm derinliğinde aykırı katman içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	226
Şekil 4.77. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için aykırı horizonlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	228
Şekil 4.78. Horizonun 30–90 cm derinliğinde pedolojik görünümünün içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	229
Şekil 4.79. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için pedolojik görünümünün içeriği dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	230
Şekil 4.80. Horizonun 90+ cm derinliğinde pedolojik görünümünün içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	231
Şekil 4.81. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için pedolojik görünümünün içeriği dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası.....	232
Şekil 4.82. Horizonun 30–90 cm derinliğinde kesiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	234
Şekil 4.83. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için kesiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	235

Şekil 4.84. Horizonun 90+ cm derinliğinde litolojik kesilme değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	236
Şekil 4.85. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için litolojik kesilme dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	237
Şekil 4.86. Horizonun 30–90 cm derinliğinde litolojik kesiklik çeşidi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	238
Şekil 4.87. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için litolojik kesiklik çeşidi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	239
Şekil 4.88. Horizonun 90+ cm derinliğinde litolojik kesikliğin çeşidi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması	240
Şekil 4.89. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için litolojik kesikliğin çeşidi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası	241
Şekil 4.90. a) Pedolojik değişkenlerin karşılaştırılması sonucunda oluşturulmuş olan altlık b) Çalışma alan sınırına göre “Elementel Toprak Haritası”	243
Şekil 4.91. Dört dekardan küçük poligonlar ve bu poligonların detay görünümü	245
Şekil 4.92. Dört dekardan küçük poligonların alansal büyüklükleri ve sayılarının dağılımı	245
Şekil 4.93. Kontrolsüz sınıflama ile hazırlanan 18 sınıflı toprak haritası	247
Şekil 4.94. Kontrolsüz sınıflama ile hazırlanan 13 sınıflı toprak haritası	248
Şekil 4.95. Kontrolsüz sınıflama ile elde edilen 10,15,20,25 sınıflı toprak haritaları	250
Şekil 4.96. SQL sorgulama ile hazırlanan final toprak haritası	258
Şekil 4.97. Kontrolsüz sınıflama (K-Means) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması	260
Şekil 4.98. Kontrolsüz sınıflama (TwoStep Cluster, tüm değişkenler) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması	261

Şekil 4.99. Kontrolsüz sınıflama (TwoStep Cluster, genetik değişkenler) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması	261
Şekil 4.100. Kontrollü sınıflama (SQL sorgulama ile) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması.....	262
Şekil 4.101. Geleneksel yöntemle hazırlanmış toprak haritası ile SQL sorgulama ile hazırlanan toprak haritasının karşılaştırılması	264
Şekil 4.102. Geçiş horizonlarında oluşan tampon bölgeler ve geleneksel haritanın sınırı .	265
Şekil 4.103. Geleneksel yöntem ile hazırlanmış harita ile SQL sorgu haritasının alansal karşılaştırması	265
Şekil 4.104. Çalışma alanının 1:25.000 ölçekli topografik haritası.....	268
Şekil 4.105. Çalışma alanının 1967 tarihli siyah-beyaz stereoskopik hava fotoğrafı.....	268
Şekil 4.106. Çalışma alanının 2006 tarihli ve 1 m yer ayırım gücüne sahip IKONOS uydu görüntüsü.....	268
Şekil 4.107. Üç temel altlığın Dünya koordinat sisteminde birbiriyle ve çalışma alanına göre uzaysal konumu	269
Şekil 4.108. Çalışma alanı ve yakın çevresi 10m’lik eşyüksekti eğrileri haritası	270
Şekil 4.109. 1/1.000 ölçekli hali-hazır haritalardan entegre edilerek çalışma alanı ve yakın çevresi için hazırlanmış 1m’lik eşyüksekti eğrileri haritası.....	272
Şekil 4.110. Noktasal yükseklik verileri	272
Şekil 4.111. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal yükseklik modeli (DEM).....	274
Şekil 4.112. Çalışma alanı ve yakın çevresinin TIN modeli	275
Şekil 4.113. Çalışma alanının TIN modeli.....	275
Şekil 4.114. Çalışma alanının yükseklik analizi.....	278
Şekil 4.115. Çalışma alanının eğim analizi (%)	283
Şekil 4.117. Çalışma alanının profil (dikey) eğriliği analizi.	290
Şekil 4.118. Çalışma alanının plan (eşyüksekti) eğriliği analizi.	293
Şekil 4.119. Yükseklik analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası	279
Şekil 4.120. Yükseklik analizi altlığındaki poligonların frekansı	279
Şekil 4.121. Eğim analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası.....	284
Şekil 4.122. Eğim analizi altlığındaki poligonların frekansı.....	285

Şekil 4.123. Bakı analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası.....	287
Şekil 4.124. Eğim yönü (bakı) analizi altlığındaki poligonların frekansı.....	287
Şekil 4.125. Profil eğriliği analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası	291
Şekil 4.126. Profil eğriliği analizi altlığındaki poligonların frekansı	292
Şekil 4.127. Plan eğriliği analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası	294
Şekil 4.128. Plan eğriliği analizi altlığındaki poligonların frekansı	295
Şekil 4.129. Tüm coğrafi altlıkların (Eğim,Yükseklik, Bakı,Plan Eğriliği, Profil Eğriliği) çakıştırılması	296
Şekil 4.130. Seçili coğrafi altlıkların (Eğim, Yükseklik, Bakı) çakıştırılması.....	297
Şekil 4.131. Farklı sınıflandırma yöntemleri ile a) “Two Step Cluster” metodu ile a) “Two Step Cluster” metodu ile c) “K-Means” metodu ile sınıflandırılmış coğrafi altlıklar	298
Şekil 4.132. a)Tüm coğrafi altlıkların (Eğim, Yükseklik, Bakı, Plan Eğriliği, Profil Eğriliği) b)Seçili coğrafi altlıkların (Eğim, Yükseklik, Bakı) sonuç toprak sınıfları haritası ile çakıştırılması	300
Şekil 4.133. Elementel toprak haritası ile yükseklik analizi altlığının çakıştırılması.....	302
Şekil 4.134. Final toprak haritası ile eğim analizi altlığının çakıştırılması.....	304
Şekil 4.135. Çakıştırılmış final toprak haritası ile eğim yönü altlığı.....	306
Şekil 4.136. Çakıştırılmış final toprak haritası ile plan eğriliği altlığı	307
Şekil 4.137. Çakıştırılmış final toprak haritası ile profil eğriliği altlığı.....	309
Şekil 4.138. Araştırma alanının a) yeşil örtü ile kaplı yüzeyleri ve b) bunların çeşitlerinin dağılımı	312
Şekil 4.139. Araştırma alanındaki a) yeşil örtü ile kaplı yüzeylerin çeşitleri ile b) narenciye alanlarının taç büyüklüğünün değişimi.....	312
Şekil 4.140. Araştırma alanındaki alan kullanımlarının 1967–2006 yılları arasında parseller bazındaki değişimi.....	314
Şekil 4.141. 1967 hava fotoğrafından elde edilen parsel sınırları ile 2006 IKONOS uydu görüntüsünden elde edilen parsel sınırları	315

Şekil 4.142. 2006 IKONOS uydu görüntüsünden elde edilen parsel sınırlarının hava fotoğrafı üzerindeki görünümü ile 1967 hava fotoğrafından elde edilen parsel sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki görünümü	315
Şekil 4.143. Geleneksel yöntemlerle hazırlanmış toprak haritası sınırlarının parsel sınırları ile örtüşmesi	316
Şekil 4.144. Geleneksel harita ile tez çalışması sonucunda elde edilen sayısal haritanın karşılaştırılarak arazi koşullarındaki konumunun izlenmesi	317
Şekil 4.145. Tez çalışması ile elde edilen sayısal haritada elde edilen tampon bölgenin arazi koşullarındaki konumu ve geleneksel harita ile karşılaştırılması	317
Şekil 4.146. Değişim göstermemiş parsel sınırlarından geçen geleneksel toprak haritası sınırları	318
Şekil 4.147. Uydu görüntüsü kullanılarak toprak haritası sınırının parsel sınırlarına göre kaydırılması	318
Şekil 4.148. Hava fotoğrafı kullanılarak toprak haritası sınırının parsel sınırlarına göre kaydırılması	319
Şekil 4.149. Araştırma alanı sonuç sayısal toprak haritası	320

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı örnek eğim yüzdeleri ve karşılığı olan eğim açıları ile bazı eğim açılarına karşılık gelen eğim yüzdeleri	7
Çizelge 2.2. Eğim sınıflarının tanımlamaları (Soil Survey Manual, 1993)	7
Çizelge 2.3. Eğim sınıfı ve dereceleri	8
Çizelge 2.4. Erozyon Sınıfları (Dinç ve Şenol 1997)	15
Çizelge 2.5. Kök sınırlayıcı derinlik sınıfları	18
Çizelge 2.6. 2 mm'den küçük toprak parçalarının sınıflaması	19
Çizelge 2.7. Tekstür grupları ve sınıfları	20
Çizelge 2.8. Taş parçacıklarının tanımları (Soil Survey Manual, 1993)	21
Çizelge 2.9. Taş parçalarının kapladığı alan ve miktarı (Soil Survey Manual, 1993)	22
Çizelge 2.10. FAO'ya göre, taş parçalarının miktar ve büyüklük sınıflamaları (Dinç ve Şenol 1997)	22
Çizelge 2.11. Yüzeydeki taşlılığın ve iri taşlılığının kaplanılan alan ve sıklık aralığına göre sınıflandırılması (Soil Survey Manual, 1993)	22
Çizelge 2.12. FAO'ya göre, yüzeydeki taş parçalarının miktar ve dağılımlarının, yüzey kaplama oranı ve aralarındaki mesafeye göre sınıflandırılması (Dinç ve Şenol 1997)	23
Çizelge 2.13. Strüktür yapılarının büyüklük sınıfları	26
Çizelge 2.14. pH değerlerine göre toprakların sınıflaması	29
Çizelge 2.15. Tuzluluk durumu sınıflaması (Soil survey manual, 1993)	30
Çizelge 2.16. Toprak haritalamada pedometrik yaklaşımlarla geleneksel yaklaşımların karşılaştırılması (Hengl 2003)	39
Çizelge 3.1. Çalışma alanının 1967 yılı arazi kullanım durumu	80
Çizelge 3.2. Çalışma alanının 2010 yılı arazi kullanım durumu	81
Çizelge 3.3. Büngüldeyik serisi toprakların morfolojik tanımı	87
Çizelge 3.4. Zambaklı serisi toprakların morfolojik tanımı	88
Çizelge 3.5. Çayırbaşı serisi toprakların morfolojik tanımı	91
Çizelge 3.6. Kumtarla serisi toprakların morfolojik tanımı	92

Çizelge 3.7. Yumruçakıl serisi topraklarının morfolojik tanımı	93
Çizelge 4.1. Toprak örnekleme noktalarına ait tablosal verilerde yer alan kodlar ve açıklamaları	106
Çizelge 4.2. Araştırma alanı pedolojik verilerinin dönüşüm kabulleri.....	108
Çizelge 4.3. Araştırma alanının 0–30 cm derinlik için toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları.....	115
Çizelge 4.4. Araştırma alanının 0–30 cm derinlik için toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluk testi sonuçları	116
Çizelge 4.5. Araştırma alanının 30–90 cm derinlik için toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları.....	118
Çizelge 4.6. Araştırma alanının 30–90 cm derinlik için toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluk testi sonuçları.....	119
Çizelge 4.7. Araştırma alanının 90+ cm derinlik için toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları.....	122
Çizelge 4.8. Araştırma alanının 90+ cm derinlik için toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluk testi sonuçları	123
Çizelge 4.9. Araştırma alanında 0–30 cm derinlik için seçilen toprak özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları.....	125
Çizelge 4.10. Araştırma alanında 30–90 cm derinlik için seçilen toprak özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları.....	126
Çizelge 4.11. Araştırma alanında 90+ cm derinlik için seçilen toprak özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları.....	127
Çizelge 4.12. Farklı semivariogram modellerinin hata büyüklüklerini gösteren özet tablo	135
Çizelge 4.13. Semivariogram model ve parametreleri.....	139
Çizelge 4.14. Yüzey derinliği için interpolasyon sonrası yenilenen renk kodları.....	158
Çizelge 4.15. 30-90cm derinliği için interpolasyon sonrası yenilenen renk kodları	161
Çizelge 4.16. 90+cm derinliği için interpolasyon sonrası yenilenen renk kodları	163
Çizelge 4.17. Farklı araştırmacıların toprak organik madde içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları.....	177

Çizelge 4.18. Farklı araştırmacıların toprak kireç içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları	207
Çizelge 4.19. Farklı araştırmacıların toprak pH içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları	212
Çizelge 4.20. Dört dekardan küçük poligonlara dair istatistikî bilgiler	245
Çizelge 4.21. Pedolojik özellikler sonuç altlığı veri tabanındaki veri çeşitliliği	252
Çizelge 4.22. Sonuç toprak sınıflarını belirlemek için yazılan SQL kodları	255
Çizelge 4.23. Sonuç toprak sınıflarının alansal dağılımları	258
Çizelge 4.24. SQL sorgu ile elde edilen 13 sınıflı final haritasının veri tabanında toprak sınıflarını temsil eden tanımlayıcı genetik özellikler	259
Çizelge 4.25. Geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın alansal dağılımları	266
Çizelge 4.26. Araştırma alanı coğrafi değişkenlerinin yeniden sınıflandırma kabulleri	277
Çizelge 4.27. Yükseklik sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri	282
Çizelge 4.28. Eğim sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri	285
Çizelge 4.29. Eğim sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri	288
Çizelge 4.30. Eğim sınıfları ve eğim yönlerinin birbirlerine göre alansal dağılımları (%)	289
Çizelge 4.31. Profil eğriliği sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri	292
Çizelge 4.32. Plan eğriliği sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri	295
Çizelge 4.33. Çakıştırılmış final toprak haritası (14 sınıf) ile yükseklik analizi altlığının (15 sınıf) alansal dağılımı	303
Çizelge 4.34. Çakıştırılmış final toprak haritası (14 sınıf) ile eğim analizi altlığının (5 sınıf) alansal dağılımı	305
Çizelge 4.35. Çakıştırılmış final toprak haritası ile bakı altlığının alansal dağılımı	306
Çizelge 4.36. Çakıştırılmış final toprak haritası ile plan eğriliği altlığının alansal dağılımı	308
Çizelge 4.37. Çakıştırılmış final toprak haritası ile profil eğriliği altlığının alansal dağılımı	309
Çizelge 4.38. Yardımcı veriler kapsamında hazırlanan veri tabanı açıklamaları	311
Çizelge 4.39. Yardımcı verilerin alansal dağılımları	313

1. GİRİŞ

Son derece hassas ekosistemler olan arazi ve toprakların hatalı ve yanlış kullanımlar ile özelliklerinin kolayca bozulduğu ve üretim yeteneklerinin kaybolduğu bilinmektedir. Bu nedenle, hassas dengelerin bulunduğu bu karmaşık varlıkların kullanımlarının planlanması ve yönetimi konusunda, son yıllarda geleneksel yöntemler üzerindeki geliştirici/iyileştirici çalışmalarla elde edilen birtakım güncel metot ve yaklaşımlar bulunmaktadır.

Bununla birlikte, özellikle planlama yöntemlerine veri temin eden “toprak etüt ve haritalama” çalışmalarında toprak rengi, kıvamı, strüktürü gibi gerçek anlamda metrik olmayan hususların varlığı ya da jeomorfolojik ünite, eğim ile toprak derinliği, tabansuyu ile gleyizasyon, bitki örtüsü ile erozyon, yağış ile toprak profil özellikleri gibi ilişkilerin niceliksel olarak belirlenip plan kararlarına yansıtılmasında halen uzman insiyatifine bağımlı kalınması, optimum planlama ve yönetim tekniklerinin uygulanmasında öngörülemeyen sorunlarla karşılaşılmasına neden olmaktadır.

Söz konusu bu sorunların ortadan kaldırılabilmesinin ön koşulu ise toprak etüt-haritalama ve arazi kullanım planlaması çalışmalarında etkin olarak kullanılma zorunluluğu bulunan pedolojik ve coğrafi değişkenlerin özelliklerinin belirlenmesi ve bu değişkenlerin, toprak sınıflamalarındaki ağırlıklı etki/katkı derecelerinin “uzman insiyatifinden çıkarılarak” söz konusu iş ve işlemlerin tamamının sayısal-dijital ortamda yapılmasının sağlanmasıdır. Yapılan incelemelere göre, arazi ve toprakların çeşitli morfolojik, fiziksel, kimyasal, mineralojik ve biyolojik değişkenlerinin (derinlik, toprak tekstürü, pH, kireç içeriği gibi değişkenlerin) özelliklerinin belirlenmesi ve bu değişkenlerin birbirleriyle olan niceliksel-sayısal ilişkilerinin ortaya konulmasına yönelik olarak geliştirilmiş veya geliştirilmeye çalışılan çok sayıda metodoloji ve yaklaşıma rastlanılmış olmasına rağmen, zaman zaman elde olmayan nedenlerle veya ihtiyari yanlı-farklı kararlar vererek önemli

planlama hatalarının ortaya çıkmasına neden olabilen uzmanların sübjektif inisiyatif kullanmalarının önüne geçebilecek bir yöntemler ve yaklaşımlar bütününe rastlanmamıştır.

İşte bu çalışmada, günümüzdeki geleneksel toprak haritalama sistematğinde izlenen yöntemler bütününde yer alan ve yukarıda da açıklandığı üzere önemli bir kısmı uzman insiyatifinde bulunan arazi ve toprak değişkenlerinin ve çeşitli kartografik materyallerin bilimsel ve teknik değerlendirmelerinin uzman insiyatifi kullanılmadan sayısal verilerle bilgisayar ortamında yapılacak olan ilişkisel sorgulamalarla belirlenip belirlenemeyeceğine ilişkin hususlar araştırılmıştır. Bu tez çalışması ile ulaşılması hedeflenen ana başlıklar ise aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- Avrupalı ve Amerikalı toprak bilimcilerinin son yıllarda sıklıkla üzerinde durdukları ve literatürde “Sayısal Toprak Haritalama (Digital Soil Mapping)” ya da “Pedometrik Haritalama (Pedometric Mapping)” terimleri ile yer alan haritalama sistemlerinin, Ülkemiz topraklarında bir örnek alan çalışması ile ilk kez denenmesi;
- Toprağı oluşturan oldukça karmaşık parametrelerin, uzmanların subjektif inisiyatifinden uzaklaşmak amacıyla, sayısal ortamda, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri ile de birleştirilmek suretiyle karar-destek sistemlerinin ve/veya alan kullanım kararlarının verilmesinde kullanılacak objektif sayısal değerlere ulaşılması;
- Yine bu çalışma ile, mikro ölçekte üst ve alt toprağın diğer özelliklerinin (kil miktarı, toprak rengi, profil taşlılığı, profil derinliği, strüktür, parça-büyüklik dağılımı vb.) bireysel olarak haritalanabildiği veya makro ölçekte gerek tarımsal nitelikli arazi sınıflamalarının gerekse bütüncül kullanım planlarının daha objektif kriterlere dayalı olarak yapılmasının sağlanmasıdır.

Bu hedefler kapsamında yapılan çalışmaların sonucunda ise tümüyle CBS, UA, jeoistatistik ve pedoistatistik teknik ve teknolojilerin kullanıldığı ve sayısal veri tabanlarının ilişkisel sorgulamalarına dayanan bir toprak haritalaması gerçekleştirilmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Toprak Haritalama Sistematığı

Uzaysal değişkenlikleri genellikle tesadüfi bir dağılım göstermeyen ve çeşitli jeolojik ve pedolojik işlevler sonucunda oluşan toprak karakteristiklerini tanımlayan; bir sınıflandırma sistemine göre toprakları sınıflandıran; harita üzerinde toprak çeşitlerinin ve değişkenliğinin sınırlarını gösteren ve toprakların davranışları hakkında tahminler yapılmasına olanak sağlayan yöntemler bütününe “toprak haritalama sistematığı” denilmektedir.

Günümüzden 4000 yıl kadar önce Çinli mühendis Yu tarafından toprakların renk ve strüktür özellikleri gözetilerek başlayan toprak sınıflama ve haritalama sistematığının, bilimsel yöntemler temeli üzerine kurulmasına ise ilk olarak 1879 yılında Rus bilim insanı Dokuçayev tarafından deneme ve uygulama bulgularının sınıflandırılmasıyla başlanmıştır. Yeryüzüne yaşam sağlayan, oluştukları koşulları yansıtan, kendilerine özgü bir morfolojisi olan ve yer kabuğunda belirli bir yer kaplayan doğal, karmaşık ve canlı varlıklar olan toprakların sınıflandırılmasına ve haritalandırılmasına dair o günlerde başlayan bu bilimsel yolculuk günümüzde yeni teknolojilerin keşfiyle gelişimini devam ettirmektedir. Bugün halen bütün dünyada geçerlilik gösteren ya da uluslar arası düzeyde geçerliliği olan bir toprak haritalama sistematığı geliştirilememiştir.

Toprak bilimcilerin, toprak özelliklerini tanımlayarak sınıflandırmaları ve haritalandırmalarına yönelik geçmişten bu yana sürdürdükleri geleneksel yöntem ve günümüzde gelişen teknoloji ile geliştirilen modern yöntemler, bu tez çalışması kapsamında ele alınacak en önemli anahtar kavramlardır. Bu bölüm içeriğinde bu anahtar kavramlara yönelik detaylı açıklamalar bulunmaktadır.

2.1.1. Toprak haritalamada kullanılan genel kavramlar ve değişkenler

Toprak özellikleri ilk olarak Dokuçayev'in ortaya attığı biçimde ana materyal, iklim, topoğrafya, canlı ve ölü organizmaların etkisi altında oluşarak bir yerden diğeri bir yere göre tesadüfî olmayan bir biçimde değişkenlik gösterirler. Toprak oluşumunu etkileyen söz konusu faaliyetler için belli bir zaman sürecine de ihtiyaç vardır. Toprak oluşumunu etkileyen bu beş faktörün tüm birimlerinin aynı olduğu her yerde toprakların da birçoğu birbirinin aynıdır. Başka bir deyişle farklı yörelerde, benzer koşullar altındaki topraklar birbirinin benzeridir ve bu özellik sayesinde toprakların dağılımları gözlenebilir ve tahmin edilebilir olmaktadır. Aynı şekilde, adı geçen faktörlerin farklı kombinasyonlarına bağılı olarak farklı topraklar ve tanımlama horizonları ortaya çıkar (Bouma ve Finke 1993, Jenny 1994). Ortaya çıkan horizonlar organik madde, renk, bünye, strüktür, pH, baz doygunluğu, kation değişim kapasitesi, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve diğeri birçok fiziksel ve kimyasal özellikler açısından farklılıklar gösterirler (Mulla ve McBratney 2000).

Toprak profili açık ve dinamik bir sistemdir, geniş bir zaman ve mekânda çok geniş koleksiyonlar barındırır. Sınırları da berrak ve kesin olmadığından tam bir kesinlikle tanımlanmaları neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle toprak denen kompleks doğal varlıklar için çok çeşitli sınıflandırma sistemleri geliştirilebilir.

Toprak sınıflama sistemleri topraklar hakkındaki bilgilerimizi yansıtır. Genellikle sınıflandırma sistemlerinin yapısı toprak genetiğı ve toprak oluşumu hakkındaki görüşlerle sınırlandırılmıştır. Ancak toprak genesisine ait görüşlerin toprak sınıflandırma sisteminde doğrudan doğruya temel ölçüt gibi kullanılması sakıncalıdır. Doğal sınıflandırma sistemlerini sadece toprak genesisinin temelleri üzerine oturtmak bizi yanılgılara götürebildiğı gibi, toprak oluşumunu sınıflandırmanın temel ölçütleri gibi kabullenmek, ayırt edemediğimiz toprakları farklı sınıflara yerleştirmeye yöneltebilir. Bu nedenle, toprakların bileşim ve morfolojilerinin sınıfların ayrımında ölçüt olarak kullanılarak hata olasılığının azaltılması gerekmektedir. Karakteristiklerin seçimi ve karşılaştırması ise en iyi toprak genetiğı anlayışı ile yapılmaktadır.

“Toprağın herhangi bir dönemdeki oluşumunun açıklanması bir yorum veya varsayım olup, doğrudan doğruya bir deneye veya gözleme dayanmaz.” (Dinç vd 2001) Toprak oluşumu ile ilgili bilgiler sınırlıdır ve çok sayıda toprağın oluşumu hala açıklanamamıştır. Toprak oluşu ile ilgili kuramlar, toprak haritalama sistematikteki toprak sınıflarını en uygun ayırıcı ölçütlerin seçimine yönelik gereken temel bilgilerin önemli bir kısmını meydana getirirler. Morfolojik ölçütler, ölçülebilen veya gözlenebilen karakteristikler olup yorum değildirler. Cline’a (1967) göre, toprağı sınıflandırmada kullanılan ölçütlerin arazide basit testlerle ve süratle gözlenebilmesi ve saptanabilmesi gerekmektedir.

Yeryüzündeki herhangi bir alanda çok sayıdaki farklı toprak çeşidinin, morfolojik, fiziksel, kimyasal ve diğer toprak özellikleri saptandıktan sonra, toprak uzmanları tarafından bu özellikleri belli olan farklı toprak çeşitlerinin arazi üzerindeki dağılımlarının ve sınırlarının arazi çalışması ile tespit edilmesine “toprak haritalama” denilmektedir. Toprak haritaları üzerinde sınırları belirlenmiş ve morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik tüm özellikleri tanımlanmış her bir üniteye de “toprak haritalama birimi” adı verilmektedir (Sarı ve Altunbaş 2002).

Literatürde geleneksel ve modern toprak haritalama sistematigi için kullanılan, toprak özelliklerinin tanımlanmasına yardımcı olan ölçüt ve parametreler ile bunların tanımları bu bölümde ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Toprak uzmanının toprak haritasını hazırladığı andaki bilişsel işleyişinin ortaya çıkarılması, söz konusu parametrelerin bir uzman tarafından tanımlanması açısından çok önemlidir (Bui 2004). Bu açıdan aşağıdaki parametreleri tanımlarken Soil Survey Manual (1993) yazılı kaynağından temel alıntılar yapılmış olmakla birlikte, esas olarak 30 yıllık bir toprak haritalama uzmanının toprak haritalama sistematigini gerçekleştirirken kurduğu deneyimsel ilişkileri, dikkate aldığı spesifik noktaları, bir toprak haritalama çalışmasında mutlaka olması gerektiğini düşündüğü parametreleri tanımladığı ve bunların tamamını kendi bilişsel ve mental yapısında harmanlayarak yoruma ve sonuca dayandırmış olduğu sözlü çalışmalardan faydalanılmıştır. Toprak uzmanının kullandığı bu ifadeler, Bui’nin (2004) de belirttiği gibi, toprak

uzmanlarının kendi sistematiklerinin detaylarını formülize edip bir veri kütüphanesi kurulması açısından da çok önemlidir.

Horizon ve katmanların derinliği ve inceliği

Toprakta biyolojik aktivitenin sona erdiği yer, horizonun derinliği olarak tanımlanmaktadır. Alüvyal ve kolüvyal topraklarda toprak alt sınırının, 1,5–2,0 metreye kadarki derinliklerde herhangi bir problemi olmayan topraklar derin olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, özellikle flüviyal arazilerin alt katmanlarında (alüvyal yelpazelerin üst, kısmen de orta kısımlarında) yoğun taş ve çakıl birikimlerine rastlanma olasılığı yüksektir. Bu tür arazilerde, yoğun çakıllı katmanlara ulaşılması halinde toprağın alt sınırının söz konusu bu çakıllı katman olarak alınması gerekmektedir. Bu durumun tespiti için yer kontrolleri yapılmak durumundadır ve bugünkü teknolojik olanaklarla sınırlıdır. Ancak, yeni geliştirilen teknolojik cihazların da gözden uzak tutulmaması gerekir. Bu cihazların söz konusu analizler için uygunlukları test edilmelidir.

Çalışma alanında çakıl katmanıyla sona eren katmanların derinliği, çakıl katmanının derinliği ile eşit alınmalıdır. Taşlı-çakıllı katman bulunmayan bütün alanlar “derin” olarak tanımlanmalıdır.

Toprak eğimi

- a. *Eğim Yönü*; Gerçek kuzeyden, saat yelkovanı yönünde 0 ile 360 derece arasındaki derece veya doğu veya kuzey-kuzey batı şeklinde yön olarak tanımlanabilir. Yön, toprak sıcaklığı, evapotransporasyon ve rüzgâr etkisini yönlendiren bir karakteristiktir.
- b. *Eğim Derecesi*; Arazi yüzeyinin yatayla yaptığı açı veya iki nokta arasındaki yükseklik farkının, söz konusu noktalar arasındaki yatay uzaklığa oranının yüzde olarak ifadesidir. Çizelge 2.1’de bazı eğim yüzdeleri ve buna karşılık gelen eğim açıları ve bazı eğim açılarına karşılık gelen eğim yüzdeleri verilmiştir.

c. *Eğim Kompleksliliği*; Eğimin, belli bir haritalama birimi içerisindeki değişimi, çok yerde, toprağın özelliklerini, eğim derecesinden fazla etkilemektedir. Özellikle yüzey akışı ve sedimentasyonun oran ve miktarını etkileyen bu önemli özellik eğim kompleksliliği olarak tanımlanmaktadır.

d. *Eğim Uzunluğu*; Yüzey akışı ve hızlandırılmış erozyon etkisini belirleyen önemli bir karakteristiktir. Kısa ya da uzun gibi tanımlamaların, her çalışma alanının ve ölçeğinin özelinde ayrıca tanımlanması gerekmektedir.

Çizelge 2.1. Bazı örnek eğim yüzdeleri ve karşılığı olan eğim açıları ile bazı eğim açılarına karşılık gelen eğim yüzdeleri

Eğim Yüzdesi	Eğim Açısı	Eğim Açısı	Eğim Yüzdesi
0	0°00′	0°	0
5	2°52′	2°	3.5
10	5°43′	4°	7.0
15	8°32′	6°	10.5
20	11°19′	8°	14.0
25	14°02′	10°	17.6
30	16°42′	12°	21.2
35	19°17′	15°	26.8
40	21°48′	20°	36.4
50	26°34′	25°	46.6
60	30°58′	30°	57.7
70	34°59′	35°	70.0
80	38°39′	40°	83.9
90	41°59′	45°	100.0
100	45°00′	50°	119.2

Çizelge 2.2. Eğim sınıflarının tanımlamaları (Soil Survey Manual 1993)

Sınıflar	Eğim Kompleksliliği	Eğim derecesi sınırları	
		Alt Sınır %	Üst Sınır %
Oldukça Düz	Oldukça Düz	0	3
Hafif Eğimli	Hafif Dalgalı	1	8
Şiddetli Eğimli	Dalgalı	4	16
Oldukça Dik	Tepeli	10	30
Dik	Dik	20	60
Çok Dik	Çok Dik	> 45	

Bu eğim sınıfları, yapılan toprak etüdünün amacına ve çalışılan alanda toprak özelliklerinin eğimle olan ilişkisine bağlı olarak belirlenir ve belirlenen amaçlar dahilinde daha dar sınırlar ile tanımlanabilir (Çizelge 2.2). FAO (1990) tarafından tanımlanan eğim sınıfları söz konusu sınırlara örnek olarak Çizelge 2.3’de verilmiştir. (Dinç ve Şenol 1997)

Çizelge 2.3. Eğim sınıfı ve dereceleri

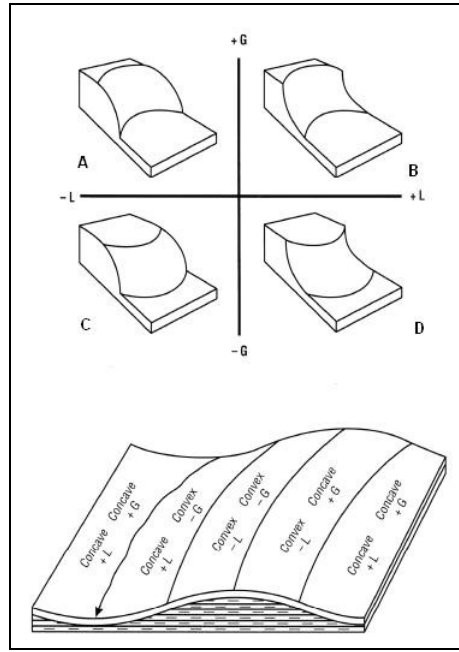
Eğim Sınıfı	Eğim Derecesi
Düz	% 0 – 0,5
Oldukça Düz	% 0.5 – 2
Hafif Eğimli	% 2 – 5
Orta Eğimli	% 5 – 10
Dik Eğimli	% 10 – 15
Tepelik	% 15 – 30
Dik Yarmalı	% 30’dan fazla (Orta düzeyde yükseklik farkları)
Dağlık	% 30’dan fazla (Geniş yükseklik farkları, > 300 m)

Arazi yüzey şekli

Arazi yüzey şekillerinin tanımlanmasında (Konveks-Konkav), ayrıştırıcı güçler ve depolama açısından farklılıklar söz konusudur. Bu parametre, toprak haritalamada yardımcı bir parametre olan jeomorfolojik farklılıkların belirlenmesinde arazi sınıflama sistemine yardımcı olmaktadır.

Arazi yüzeyinin, eğimli alanlarda hem eğim yönünde, hem de eğime dik yönde doğrusal, iç bükey veya dış bükey olması, yeryüzü şekli ve yüzey akışlarının erozyon etkisi ile ve ayrıca toprak oluşumunda ayrışma ve profildeki değişme düzeyleri ile yakından ilişkilidir (Dinç ve Şenol 1997).

Topoğrafik harita üzerinde eş yükselti eğrileri eşit aralıklarla geçiyorsa, eğim yönünde doğrusal bir yüzey şekli bulunmaktadır. Yüksek olan yerlerde eş yükselti eğrileri sık aralıklarla geçiyor ve devamındaki alçak olan yerlerde giderek eş yükselti eğrileri arasındaki uzaklık genişliyorsa, eğim yönünde hiperbolik iç bükey yüzey şekli vardır. Buna karşılık, yüksek olan yerlerde eş yükselti eğrileri seyrek aralıklarla geçiyor ve devamındaki alçak olan yerlerde giderek eş yükselti eğrileri arasındaki uzaklık daralıyorsa, eğim yönünde dış bükey yüzey şeklinin varlığını göstermektedir (Şekil 2.2).



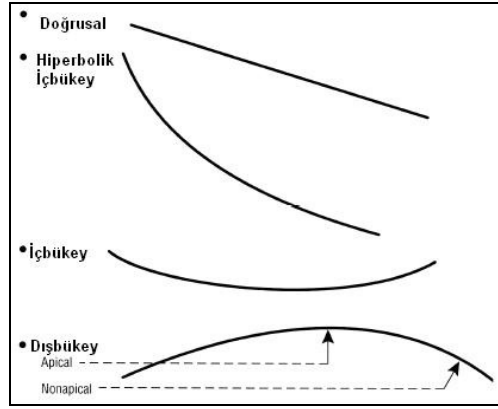
Şekil 2.2. Arazi yüzey şekilleri (Soil Survey Manual 1993)

Yukarıdaki şekilde;

- A: İç bükey eş yükseltili ve eğim yönünde dış bükey yüzey şekli
- B: İç bükey eş yükseltili ve eğim yönünde iç bükey yüzey şekli
- C: Dış bükey eş yükseltili ve eğim yönünde dış bükey yüzey şekli
- D: Dış bükey eş yükseltili ve eğim yönünde iç bükey yüzey şeklini ifade etmektedir.

A ve C’de eğimin fazla olduğu alt kısımlarda yüzey akışlarıyla oluşacak toprak erozyonu, üst kısımlara göre daha fazladır. Buna karşılık, B ve D’de eğimin fazla olduğu üst kısımlarda toprak erozyonu, alt kısımlara göre daha fazla olup, eğimin azaldığı eteklerde daha çok yukarıdan yüzey akışlarıyla taşınan toprak materyalinin depolanması olayları görülmektedir.

Bir toprağın oluştuğu arazi yüzeyinin şekli, ayrıca eğimin şekli olarak da tanımlanmaktadır. Örneğin dış bükey eş yükselti eğrili ve iç bükey eğrili bir yüzey, bir alüvyal yelpazenin varlığının göstergesidir (Dinç ve Şenol 1997) .



Şekil 2.2. Arazi yüzey şekli tanımlaması için kullanılan doğru çeşitleri (Soil Survey Manual 1993)

Ana materyal;

Ana materyal, toprağın oluştuğu organik veya mineral materyallerdir. Çoğu halde orijinal durumu ile kalmaz, değişime uğrar. Toprağı oluşturan mineral maddeler genellikle kaya ve minerallerden ayrışır. Bu ayrışma; altta bulunan kayanın fiziksel ve kimyasal olarak ufalanması ve değişmesi sonucu toprağa dönüşme (yerinde ayrışma-otokton) ya da toprağa dönüşmeden ya da dönüştükten sonra çeşitli yollarla başka yerlere taşınarak depolanma ve toprak ana materyali görevini görme (taşınmış-allokton) gibi çeşitli şekillerde olabilir.

a) Yerinde ayrıışmış ana materyal (genellikle yüksek arazilerde olan Otokton ana materyali)

Yerinde ayrıışmış kayaç materyali de kendi arasında alt gruplara ayrılmaktadır;

1. Tortul
2. Püskürük
3. Metamorfik

b) Taşınmış ana materyal (genellikle taban arazilerde olan Allokton ana materyali)

1. Suyla taşınmış ve depolanmış materyaller
 - i. Üst zon
 - ii. Orta zon
 - iii. Alt zon
2. Rüzgârla taşınmış ve depolanmış materyaller (Volkan külü ve Kıyı kumulları)
3. Yer çekimiyle ve Buzullarla taşınmış ve depolanmış materyaller

c) Karşıtlık ana materyali

Pedometrik sistemin kuramsal yapısı içerisinde yukarıda sayılan ana materyal sınırlarında yer almayıp da doğada az da olsa var olabilen kompleks jeolojik materyallerin de (sınıfı ayırt edilemeyecek şekilde kompleks) ayrı bir sınıf olarak dikkate alınması önerilmektedir. Tektonik çarpışma bölgeleri gibi her şeyin birbirine girdiği yerler bu sınıflara örnek olarak verilebilir. Göl tabanlarıyla flüviyal yer şekillerinin birleşme bölgeleri bu tür materyallerle kaplı olabilmektedir.

Jeolojik yapının ayırt edilmesi demek; toprak serilerinin ayırt edilmesi demektir, çünkü diğer bütün koşullar aynı/sabit olursa bir toprak serisi aynı ana materyalden oluşmak zorundadır (Soil Survey Manual 1993). Ana materyal ayırt edilince toprak serisi de ayırt edilmiş olur. Farklı ana materyalden (örneğin; biri Granit diğeri Gnays üzerinde) oluşan topraklar aynı seri kapsamında olamazlar.

Aynı ana materyalde farklı toprak serileri oluşmuşsa; diğer toprak oluşum faktörlerinden en az biri (bitki örtüsü, topografya, zaman, iklim) mutlaka değişmiş demektir. Neojen ve Miyosen kireçtaşlarının her ikisinin de kireçtaşı olmasına karşılık bunların farklı zamanlarda oluşmuş olmaları, bu duruma örnek olarak verilebilir. Farklı ana materyal ve jeolojik yapılar (Otokton-Allokton), doğal drenaj sistemlerinin tanımlanmasıyla ya da ayırt edilmesiyle de belirlenebilmektedir.

Vejetasyon;

Arazinin doğal bitki örtüsü, toprak ve onun genetiği ile direkt olarak alakalı olduğundan, toprak sınırlarını bulmada çok önemli bir yer tutar. Arazide yetişmekte olan bitkilerin türleri (tek yıllık bitkiler, yabancı otlar, orman alanlarındaki çalılar, yer örtüsü, vb.), miktarı ve gerekli görülen diğer detay özelliklere dair gözlemler mutlaka listelenmelidir. Kızılçam ile Karaçam ormanları arasındaki sınır bile, toprak farklılığına işaret eder ve bu durum da vejetasyondaki farklılığın değişkenlikteki gücünün ifade edilmesidir.

Yer yüzey örtüsü;

Vejetasyonun ve yüzey örtü tipi parametrelerinin kullanılabilmesi için, doğal ekolojik yapının bozulmamış olması gerekir. Buna bağlı olarak, vejetasyon çeşidi ve yoğunluğu, genetiksel toprak özelliklerindeki farklılıklara, dolayısıyla toprak sınırlarındaki farklılıklara işaret eder.

Soil Survey Manual (1993), yer yüzey örtüsünü ince toprak (fine earth) ve ince toprak dışı materyaller olarak ikiye ayırmıştır. İkincisi kayasal oluşumları ve canlı ya da ölü vejetasyonu içerir. Vejetasyonu da kanopi ve kanopi olmayan olmak üzere ikiye ayırmıştır. Kanopi, ağaçlar, çalılar ve bu ikisi arasındaki tüm alanları kapsamaktadır. Kanopi olmayan materyal ise “ince otsu örtü (mulch)” olarak adlandırılmaktadır ve kayasal oluşumlar ile vejetasyonu içerir.

Kanopi ve kanopi olmayan alanların ayrılması pratikte çok önemlidir. Bu ayrımlar bize toprak derinliği ve erozyon gibi çok önemli veriler hakkında fikirler verirler. Örneğin alan kanopi ve orman ise bu durumda toprak profili derindir, korunmuştur ve erozyona bağlı olarak kayalar yüzeye çıkmamıştır. Kanopi olmayan alanlarda, erozyona bağlı olarak kayalar yüzeye çıkmış olabilir. Bu alanlarda sınıf ayrımları genelde ana materyal ve eğimin parametreleriyle ayırt edilmektedir.

Sınıflama yapılacak topraklar, temelde beş ayrı toprak oluşum faktörünün etkisi altında karakter kazanmışlardır. Bunlar; iklim, vejetasyon, ana materyal, topografya ve zamandır. Bu beş faktörün özelliğinin doğal olduğu alanlarda, doğrudan sınıflama sistemlerinin etkisi vardır.

Ancak, uzak veya yakın geçmişte, doğal özellikleri bozularak veya değiştirilerek işlenebilir tarımsal üretim alanlarına dönüştürülmüş araziler için (örneğin; eski orman alanlarının kesilerek bahçe haline getirilmesi, ya da eski mera veya çayır alanlarının sürülerek tarla haline getirilmesi gibi), bu doğal toprak oluşturan faktörlerin bazılarının sınıflama sistemlerinde artık kullanılmaması gerektiğine işaret edilmektedir.

Değişime uğramış olması muhtemel söz konusu bu toprak oluşum faktörleri, vejetasyon ve topografyadır. Bu nedenle, pedometrik bir yaklaşımla sınıflama yapılacak olan alan, çalışmanın başlangıç aşamasında, i) doğal alanlar, ii) doğal özellikleri değiştirilmiş alanlar olarak ayırt edilmelidir. Örneğin; bütün toprak özellikleri aynı olup da, doğal bitkisi olan mera (doğal mera) değiştirilerek, bu alan tek yıllık tarım ürünlerinin üretildiği alan haline dönüştürülmüş ise artık, eski toprağın rengi, tekstürü, strüktürü, kıvamı, organik madde miktarı, KDK'sı, bazla doygunluk gibi fizikokimyasal toprak özellikleri ve profil derinliği, horizon çeşitliliği, horizon kalınlığı gibi morfolojik toprak özellikleri, bir önceki doğal halinden önemli derecede ayrılık gösterecek şekle dönüşmüştür. Bu nedenle, bu alanların doğal bitki örtüsüne dayalı ayırım kriterlerinin kullanılmasının hiçbir anlamı kalmamıştır. Bu alanlar için, yeni ayırd edici kriterlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Organik materyal katmanı;

Çoğu kez, ıslak ortamlarda, organik katılımın (birikme), ayrışmadan daha hızlı olması ile oluşan depolanma ile oluşan birikimlerdir. Genel olarak; sediment, yosun, bitkisel ve odunsal peatler olmak üzere dört çeşittir. Şayet organik materyal var ise bu defa organik toprakların genetiksel özelliklerini ölçüt olarak kullanmak gerekecektir.

Erozyon;

Erozyon parametrelerinin pedometrik yöntemle değerlendirilmesi ile elde edilebilen toprak derinliği, pedometrik yaklaşımda, topoğrafik haritalardan ve DEM (Digital Elevation Model; Sayısal Yükseklik Modeli) kullanılarak eğimle ilişkilendirilmektedir. Bu duruma ek olarak, en eski tarihliden başlamak üzere, görsel yoruma olanak veren kartoğrafik materyaller (hava fotoğrafı ve uydu verileri) kullanılarak bitki örtüsü yorumları (yoğun örtü, orta örtü, az örtü, çıplak) yapılmak suretiyle de toprak derinliği hakkında bir yargıya varılabilmektedir.

Erozyonun durumunun tahmininde; iklim, topografya, ana materyal, bitki örtüsü gibi değişkenler kullanılmaktadır. Toprak derinliği ile erozyon arasında ters bir orantı vardır; toprak sığ ise erozyona maruz kalma riski çok, toprak derinse erozyona maruz kalma riski azdır.

Erozyonun türü; tabaka, rüzgar, su şeklinde; derecesi; 1, 2, 3, 4 şeklinde ifade edilmektedir (Çizelge 2.4). Erozyonda K faktörü, toprağın erozyona duyarlılığı ya da aşınabilirlik derecesi olarak tanımlanmaktadır. Aşınabilirlik derecesi düşükse, toprak erozyona dirençli; aşınabilirlik derecesi yüksekse, toprak erozyona duyarlıdır yani daha çabuk erozyona uğrama riski büyüktür.

Çizelge 2.4. Erozyon Sınıfları (Dinç ve Şenol 1997)

Erozyon Sınıfı	Aşınma Derecesi	Sonuçları
1. Hafif	A Horizonunun %25'i taşınmış	Yüzey erozyonu
2. Orta	A Horizonunun %25-75'i taşınmış	Oluk erozyonu
3. Şiddetli	A Horizonunun tamamı ve B horizonunun %25'i taşınmış	Seyrek sel yarıntısı erozyonu
4. Çok Şiddetli	Solumun önemli bir kısmı taşınmış	Derin sel yarıntıları ile tahrip olmuş

Doğal drenaj sınıfları;

Doğal drenaj sınıfları iki farklı şekilde tanımlanmaktadır. Bunlardan ilki; profildeki yüksek taban suyundan kaynaklanan ıslaklığın derecesi, ikincisi ise; yüksek arazilerdeki akan suyun o alandaki anamateryalin ve/veya jeolojik materyalin çeşidine bağlı olarak oluşturduğu çizgiselliklerdir. Soil survey manual (1993), doğal drenaj sınıflarını “benzer toprak oluşum koşulları altındaki ıslak dönemlerin sıklığı ve süresi” olarak tanımlamıştır. Bir başka tanımda ise, “toprağın oluşumunda ve mevcut durumunda su ile doymun veya kısmen doymun koşulların bulunup bulunmadığının ve bu koşulların etkili olduğu sürenin bir ifadesidir” (Dinç ve Şenol 1997) şeklinde tanımlanmıştır. Doğal drenaj sınıfları toprağın bulunduğu iklimin, topoğrafik koşulların, tekstür-strüktür gibi su iletkenliği ile ilgili özelliklerin bileşenidir. Doğal drenaj sınıflarının ayırt edilmesinde, topoğrafik yükselti basamakları değerlendirmeye alınır.

Doğal drenaj sınıflarının ayırt edilmesiyle (anular, rectangular, vb.) ana materyal-jeolojik yapı (Otokton-Allokton) ayırımları yapılabilir. Uzaktan Algılama teknolojisi ile farklı çizgiselliklerin belirlenmesiyle drenaj sistemleri ortaya çıkarılabilir. Drenaj kolları arasındaki açıklık, açılar, şekiller ile belirlenir/ayrıştırılır. Kolun uzunluğu, kayacın sertliği-yumuşaklığı ile alakalıdır; kol ne kadar uzunsa, kayacık o kadar sert olmaktadır.

Yükselti basamaklarının yorumlanmasına ilişkin uzman görüşünün detaylarını sıralarsak;

- Sıfıra yaklaştıkça, çok fena drenaja doğru gitmektedir.
- Deniz seviyesinden 1,5–2,0 metre kotuna kadar ise, bu kota kadar olan bütün alanlar sürekli ve doğrudan drenaj problemi olan alanlardır.
- 2 metre kotunun üzerindeki alanları, iyi drenaj veya drenaj sorunu olmayan alanlar olarak tanımlanabilir.
- 1,5–2,0 metre tarafına doğru ise fena, orta ve yetersiz drenaj sınıfına doğru bir ayrım göstermektedir.

Yukarıdaki ifadeleri toprak haritalama lejandı oluştururken şu şekilde kullanmak mümkündür; 0–50 cm fena/çok fena drenajlı (yüzeyde su); 50–90 cm orta drenajlı; 90–150/200 cm yetersiz drenajlı; 200+ cm iyi drenajlı.

Toprak nemi ve sıcaklığı;

Söz konusu bu toprak parametreleri termal infrared veriler kullanılarak haritalanmalıdır. Ancak arazi yüzeyleri çoğunlukla örtülü olduğundan, bu teknikte elde edilen veriler eklemeli (additive) bir sonuç olduğundan sağlıklı bir parametre olarak kullanılması pek mümkün görülmemektedir. Doğrudan ölçüm değerleri, pedometrik bir sınıflamada güvenilir veriler olabilecektir.

Ana horizonlar ve katmanlar;

Ana horizon veya katmanlar O, A, E, B, C ve R harflerinin en az biri kullanılarak belirtilir. Ana horizon sembollerinin yanında gerektiğinde diğer ayırım sembolleri veya numaralar da eklenebilir.

Geçiş ve birleşim horizonları;

Bir ana horizonun özelliklerine baskın bir şekilde sahip olup da, altındaki ya da üstündeki diğer ana horizonun özelliklerini de taşıyan horizonlara geçiş horizonları adı

verilir. İlk olarak baskın olan horizonun sembolu verilmek koşuluyla AB, BA, BC veya AC gibi iki büyük harfle gösterilir.

Ana horizonlar ve katmanlar kapsamındaki ikincil farklar/ayırımılar

Ana horizon veya katmanlarda profil tanımlaması yapılırken arazide gözlenebilen karakteristiklere dayanılarak ayırt edilen ve ana horizonla ait ekstra özellikleri gösteren alt horizon sembolleri (a,b,c,d,e,f,g,h,i,k,m,n,o,p,q,r,s,ss,t,v,w,x,y,z veya C1-C2-C3 gibi) kullanılmaktadır. Söz konusu tanımlamalar için, “Soil Survey Manual”da tanımlanmış kriterler bulunmaktadır. Her ne kadar kimileri subjektif de olsa, bu kriterler kullanılmalıdır. Ancak, toprak taksonomisindeki horizon ve horizonlardaki özel durumların tanımlanmasında öngörülen kriterler kullanılmak suretiyle bu sorun aşılabilecektir. Fakat bu da önemli bir zaman ve masraf gerektirmektedir. Bu nedenle, klasik yönteme göre pedometrik yöntemin avantajları ve dezavantajları, özellikle ekonomiklik ve zaman kullanımı açısından mutlaka dikkate alınmalıdır. Keys to Soil Taxonomy ve FAO/WRB sınıflama sistemlerinde tanımlanmış olan parametrik değerler bulunmaktadır.

Horizon ve katmanların sınırları;

Sınır kesinliği, horizonlar arasındaki geçiş horizonunun kalınlığı olarak tanımlanabilir. Aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Kesin sınır : 2 cm’den daha ince olan sınırlar
- Belirgin sınır: 2–5 cm kalınlığında olan sınırlar
- Geçişli sınır: 5–15 cm kalınlığında olan sınırlar
- Yaygın sınır: 15 cm’den kalın kalınlığında olan sınırlar

Sınır topoğrafyası ise aşağıdaki terimlerle ifade edilebilir;

- Düz: Sınır, çok az düzensiz ya da düzlemseldir.

- Dalgalı: Genişliği, derinliğinden fazla olan dalgalanmaların görüldüğü horizon sınırlarıdır.
- Düzensiz: Sınırın, derinliği genişliğinden fazla olan cepleri vardır.
- Kırık: Bir ya da iki horizon ya da katmanın birden sınır kesintisi ya da devamsızlığı ile ayrılan sınırlardır.

Kök sınırlayıcı derinlik;

Köklerin gelişiminin, fiziksel veya kimyasal sınırlamalar nedeniyle önemli ölçüde engellendiği yer, kök gelişimini sınırlayan derinlik olarak alınmaktadır (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Kök sınırlayıcı derinlik sınıfları

SINIF	DERİNLİK
Çok sığ	< 25 cm
Sığ	25–50 cm
Orta derin	50–100 cm
Derin	100–150 cm
Çok derin	>150 cm

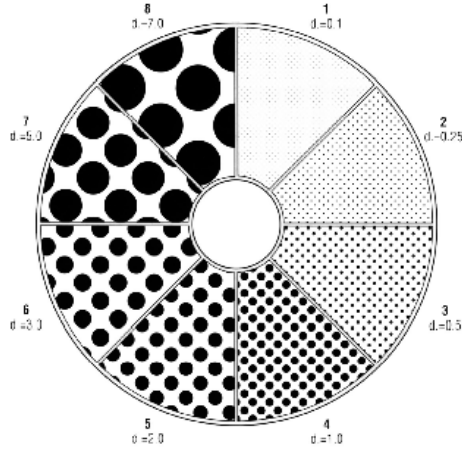
Parça büyüklüğünün dağılımı;

Parça-büyüklik dağılımı; *Tane iriliği dağılımı* ve *Toprak tekstürü* olarak iki ayrı parametreyle incelenmektedir.

Toprakta 2 mm'den küçük olan parçacıklar ince toprak fraksiyonları, büyük olanlar ise kaya fraksiyonları (ince çakıl, büyük çakıl, kaya, büyük kaya gibi) olarak adlandırılmaktadır. Çizelge 2.6'daki şekilde sınıflandırılabilir. Şekil 2.3'de ise siltten daha büyük toprak parçalarının sınıflandırılmalarında kullanılan çap büyüklükleri görülmektedir.

Çizelge 2.6. 2 mm'den küçük toprak parçalarının sınıflaması

SINIF	BÜYÜKLÜK
Çok kaba kum	2.0–1,0 mm
Kaba kum	1.0–0,5 mm
Orta kum	0.5–0.25 mm
İnce kum	0.25–0.10 mm
Çok ince kum	0.10–0.05 mm
Silt	0.05-0.002 mm
Kil	< 0.002 mm

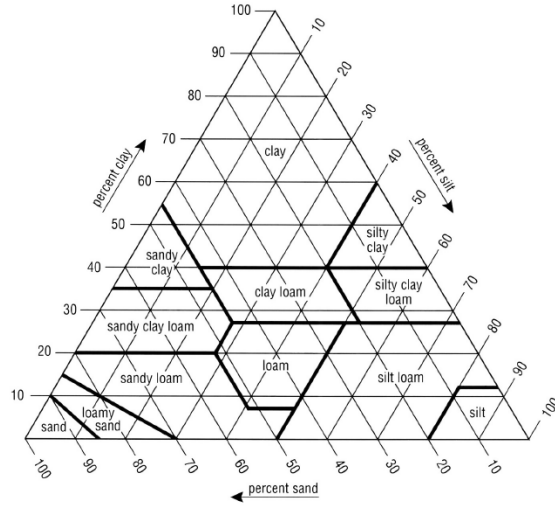


Şekil 2.3. Siltten daha büyük toprak parçacıklarının sınıfları (d=mm).

Toprak tekstürü, toprakta 2 mm'den küçük kum, kil ve silt büyüklüğündeki mineral parçacıkların ağırlık esasına göre laboratuarda belirlenen oransal dağılımıdır (Dinç ve Şenol 1997). Toprağın su tutma kapasitesi ve katyon değişim kapasitesi özellikleri bu parametreden tahmin edilebilir. Arazi koşullarında toprak tekstürü aşağıdaki detay uygulamalarla ayırt edilebilir. Laboratuar koşullarında elde edilen kum-kil-silt oransal değerleri, Şekil 2.4'deki tekstür üçgeninde değerlendirilerek tekstür sınıfı tayin edilir ve Çizelge 2.7'de verilen sınıflar ile adlandırılabilir.

- Kum; fazla nemlendirildiğinde elde taneli ve pürüzlü bir his bırakır.

- Kil; örnek plastik ve yapışkan olabilir, şerit ve iplik şeklini alabilir ve oldukça parlaktır
- Silt; parmağa yapışmaz, sıvanır; elde ıslak un duygusu bırakır



Şekil 2.4. Toprak tekstürü sınıflarının tayininde kullanılan “Tekstür Üçgeni”

Çizelge 2.7. Tekstür grupları ve sınıfları

Tekstür Grupları	Alt Grup	Tekstür Sınıfları
Kumlu topraklar	Kaba tekstürlü topraklar	Kum (S)
		Tınlı kum (LS)
Tınlı topraklar	Orta kaba tekstürlü topraklar	Kaba kumlu tın
		Kumlu tın (SL)
		İnce kumlu tın
	Orta tekstürlü topraklar	Çok ince kumlu tın
		Tın (L)
		Siltli tın (SiL)
		Silt (Si)
	Orta ince tekstürlü topraklar	Killi tın (CL)
		Kumlu killi tın (SCL)
		Siltli killi tın (SiCL)
Killi topraklar	İnce tekstürlü topraklar	Kumlu kil (SC)
		Siltli kil (SiC)
		Kil (C)

Organik topraklar;

Katmanlar, suyla doygunluğu birkaç günden fazla değilse ve %20 ya da daha fazla organik karbon içeriğine sahipse organik topraklardır. Daha uzun dönemler süresince suyla doygun katmanlardan; %12 ya da daha fazla organik karbon içeriğine sahip kil içermeyen, ya da %18 ya da daha fazla organik karbon içeriğine sahip ve %60 ya da daha fazla kil içeren, ya da oransal karbon içeriği miktarı %12 ile 18 arasında ve %0–60 arasında kil içerenler organiklerdir.

Profil ve yüzey taşlılığı;

Toprak profilinde ya da yüzeyindeki, 2 mm ya da daha büyük çaplı, çimentolaşmış bağımsız taş parçalarının varlığı, toprağın tarım amaçlı kullanılması ve işlenmesi, erozyona duyarlılığı ve su depolaması için çok önemli karakteristiklerdir ve miktar, büyüklük ve şekilleri belirtilerek tanımlanmaları gerekmektedir. Taşların şekli genel olarak; yassı, yuvarlak, köşeli, yarı köşeli gibi sıfatlarla tanımlanmaktadır, ancak farklı kaynaklarda bu tanımlamalar verdikleri detaya göre farklılık göstermektedir (Çizelge 2.8–2.12).

Çizelge 2.8. Taş parçacıklarının tanımları (Soil Survey Manual 1993)

Şekil	Büyüklük	Sıfat
Küresel, küpsel	2–75 mm çap	Çakıllı
	75–250 mm çap	Kaba çakıllı
	250–600 mm çap	Taşlı
	≥600 mm çap	İri taşlı
Düz	2–150 mm uzunluk	Düz çakıllı
	150–380 mm uzunluk	Yassı taşlı
	380–600 mm uzunluk	Taşlı
	≥600 mm uzunluk	İri taşlı

Çizelge 2.9. Taş parçalarının kapladığı alan ve miktarı (Soil Survey Manual 1993)

Yüzey kaplama oranı	Miktar
%15'den az	Az çakıllı
%15–35	Çakıllı
%35–60	Çok çakıllı
%60'dan çok	Aşırı çakıllı

Çizelge 2.10. FAO'ya göre, taş parçalarının miktar ve büyüklük sınıflamaları (Dinç ve Şenol 1997)

Miktar Sınıfı	Yüzeyi Kaplama Oranı (%)	Büyüklük Sınıfı	Çap (sm)
Çok az	0.1 – 2	İnce çakıl	0.2 – 0,6
Az	2 -5	Orta çakıl	0.6 – 2,0
Orta	5 – 15	Kaba çakıl	2 – 6
Çok	15 – 40	Taş	6 – 20
Aşırı	40 – 80	Kaba taş	20 – 60
Baskın	> 80	Kaya	60 – 200

Çizelge 2.11. Yüzeydeki taşlılığın ve iri taşlılığının kaplanılan alan ve sıklık aralığına göre sınıflandırılması (Soil Survey Manual 1993)

Sınıf	Kapladığı alan yüzdesi	Taşların arasındaki mesafe (m)		Miktar
		0.25m (taş)	0.6m (iri taş)	
1	0.01–0,1	≥8	≥20	Taşlı ya da İri taşlı
2	0.1–3,0	1–8	3–20	Çok taşlı ya da çok miktarda iri taşlı
3	3.0–15	0.5–1	1–3	Aşırı taşlı ya da aşırı miktarda iri taşlı
4	15–50	0.3–0,5	0.5–1	Moloz taşlı
5	50–90	<0.3	<0.5	Çok miktarda moloz taşlı

Çizelge 2.12. FAO’ya göre, yüzeydeki taş parçalarının miktar ve dağılımlarının, yüzey kaplama oranı ve aralarındaki mesafeye göre sınıflandırılması (Dinç ve Şenol 1997)

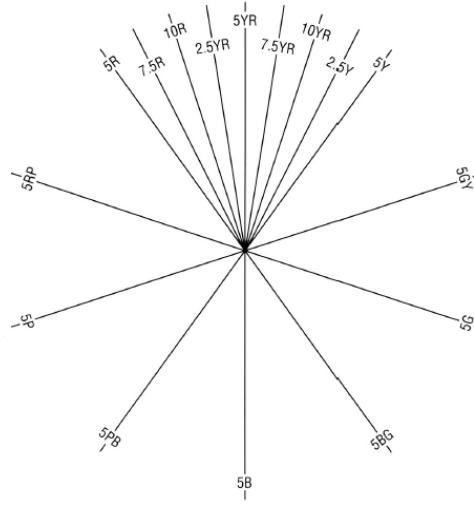
Miktar Sınıfı	Yüzeyi Kaplama Oranı (%)	Dağılım Sınıfı	Aralarındaki Uzaklık (m)
Çok az	0.1 – 2	Çok seyrek	50 >
Az	2 – 5	Seyrek	20 – 50
Orta	5 – 15	Orta yoğun	5 – 20
Çok	15 – 40	Yoğun	2 – 5
Aşırı	40 – 80	Çok yoğun	2 <
Baskın	80 >		

Toprak rengi;

Toprak rengi farklılıkları, seri düzeyinde “Hue” değerleri kullanılarak ayırt edilmelidir. Hue değerlerindeki ana (5-10gibi) ve ara (5,5–7,5 gibi) renkler vardır ve bunlar mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu nedenle Hue değerleri sayısallaştırılmıştır. Munsell renk sisteminde, Hue, Value ve Chroma değerlerinin üçü birlikte kullanılmaktadır; yazılırken önce Hue, sonra Value/Chroma şeklinde yazılmaktadır.

- Hue; Toprağın spektral renk-dalga boyu ile ilgilidir. (5 ana, 5 ara renk ifadesi vardır)
- Croma; Toprağın renginin oransal saflığının ölçüsüdür. (0 ile 8 arasında değişir)
- Value; Toprağın renginin açıklık-koyuluk derecesini belirtir, yansıyan ışığın miktarı ile ilgilidir. (0 ile 10 arasında değişir)

Munsell sisteminde yer alan Hue değeri, insan gözüne ulaşan rengin bir ölçüsüdür ve kırmızı (R), sarı (Y), yeşil (G), mavi (B) ve mor (P) olmak üzere beş ana renk ile ifade edilmektedir. Söz konusu bu ana Hue değerleri kullanılarak YR (sarı-kırmızı), GY (yeşil-sarı), BG (mavi-yeşil), PB (mor-mavi) ve RP (kırmızı-mor) şeklinde beş adet de ara renk ifadesi vardır. Aşağıdaki diyagramda (Şekil 2.5) yer alan değerlere numara atamak suretiyle pedolojik transferleri yapılabilir.



Şekil 2.5. Munsell renk sisteminde, baskın ve ara renklerin Hue değerlerinin şematik ilişkisi

Strüktür;

Toprak tanelerinin (kum, silt, kil gibi) kendi arasında doğal olarak kümelenmesi sonucu, “her zaman bölünmeye veya parçalamaya çalışıldığında aynı yüzeylerden bölünen ve kendine özgü şekli olan” agregatlar, toprağın strüktür birimlerini meydana getirir (Dinç ve Şenol 1997). Stürüktürün *varlığı-yokluğu* toprağın genetiği ve fiziksel özellikleri açısından çok önemli karakteristiklerdir. Strüktür; şekil, boyut ve dayanıklılık olmak üzere üç ayrı parametreyle değerlendirilir. Strüktür ile ilgili kavramlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Strüktür Var ; oluşum derecelemesi olarak
 - Şekil (Pedlerin-her doğal küme- oluştuğu koşulları yansıtır)
 1. Levhalı – Genellikle A Horizonunda bulunur
 2. Prizmatik – Genellikle B Horizonunda bulunur (en iyi havalanma, gözeneklilik, su tutma bu strüktürde görülür)
 3. Kolumnar – Genellikle B Horizonunda bulunur
 4. Köşeli blok – Genellikle A ve B Horizonunda bulunur
 5. Yarı köşeli blok – Genellikle A ve B Horizonunda bulunur

6. Granüler – Genellikle A Horizonunda bulunur
 7. Süngerimsi (Krumb) – Genellikle A Horizonunda bulunur
- Boyut (Kümenin ortalama çapıdır)
1. Çok küçük
 2. Küçük
 3. Orta
 4. İri
 5. Çok iri
- Dayanıklılık (Strüktürün kümeleşme derecesidir) (Toprağın nem içeriğine bağlı değişir)
1. Zayıf (Hemen dağılır)
 2. Orta
 3. Kuvvetli
- Strüktür Yok ; toprak horizontan koparıldığında doğal yüzeylerle ayrılmaz, yeni bir kırılma yüzeyi oluşturarak kırılır veya dağılırlar.
 1. Yeni bir kırılma yüzeyi oluşturarak *kırılan* strüktürsüz topraklar; MASİF'tir. Genellikle; kumlu tın veya daha ince tekstürlüdürler.
 2. Yeni bir kırılma yüzeyi oluşturmadan *dağılan* strüktürsüz topraklar; TEKSEL'dir. Genellikle; kumlu tın ve kum tekstürlüdürler.

Toprak strüktürünün gelişmesine katkıda bulunan genetiksel özellikler aşağıdaki biçimde özetlenebilir;

- Organik madde arttıkça strüktür oluşumu artar.
- Kil arttıkça strüktür oluşumu artar.
- Topraktaki katyon değişim kapasitesi yükseldikçe strüktür gelişimi artar.
- Aşırı toprak işlemeyle strüktür oluşumu bozulur.

Toprak serilerinin yukarıdaki özelliklerinden bazıları, özellikler arasında ilişkiyel ağlar kurmakta kullanılabilir. Ayrıca bu ilişkileri arazide yapılan strüktür tanımlamaları ile de sayısal veri haline dönüştürebiliriz. (Çizelge 2.13)

Çizelge 2.13. Strüktür yapılarının büyüklük sınıfları

Büyüklük Sınıfı	Büyüklük Sıfatı	Strüktür Tipleri			
		Levhahı (mm)	Prizmatik ve Kolumnar (mm)	Blok (Yarı Köşeli ve Köşeli)(mm)	Granüler (mm)
1	Çok Küçük	<1	<10	<5	<1
2	Küçük	1–2	10–20	5–10	1–2
3	Orta	2–5	20–50	10–20	2–5
4	Kaba	5–10	50–100	20–50	5–10
5	Çok Kaba	>10	>100	>50	>10

Strüktür ünitelerinin dayanıklılık parametresini kıvam parametresi ile de ilişkilendirilebilir. Kıvam özellikleri arazi koşullarında penetrometrik testlerle ölçülebilmektedir. Kıvamın plastiklik ve yapışkanlık özellikleri COLE değerleri ve plastisite indisleri kullanılmak suretiyle sayısal formata dönüştürülebilmektedir. Ayrıca strüktür gelişimini teşvik eden kil miktarı ve tipi, aynı zamanda yapışkanlık ve plastiklikle de ilişkilidir (örneğin; ne kadar çok kil varsa toprak o kadar çok plastik ve çok yapışkandır).

Kum kıvamdaki dayanıklılık, ekstra yapısal çatlaklar ve kırılmalarla ilişkilidir. Bileşik yapının ve içsel doğal yüzey özelliklerinin tespit edilebilmesi için ince kesit teknolojisine dayalı mikromorfolojik çalışmalar zorunludur.

Konsantrasyonlar-toplanmalar-yoğunlaşmalar;

Genel olarak, toprakta, toprak oluşumunun bir ürünü olarak oluşan, gözle görülebilir birikimler olarak tanımlanabilir. Bu oluşumların bir kısmı ince ve kâğıt tabakası gibi, bir kısmı eş boyutlu, bir kısmı ise düzensiz şekillidir. Bir kısmı çevrelerindeki materyallerden güç, kompozisyon ve içsel organizasyon bakımından netlikle görülebilen farklılıklarla

ayrılırlarken, bir kısmının ise etrafındaki materyallerden farklılığı çok azdır. Cepler, plinthite, nodül ve konkresyonlar, kristaller ve demir taşları bu oluşumlardan en önemlileridir. Genellikle, yerinde oluşmuş yaşlı topraklar (Agric Horizon, Calcic Horizon, Gypsic Horizon, Plinthite, vb.) için geçerli bir özelliktir.

Bu birikimler büyüklük, miktar, şekil, kıvam, renk, konum ve tür belirtilerek tanımlanmalıdır. Şekil; yuvarlak, silindirik, levhasal ve düzensiz şekilli olarak tanımlanırken, büyüklük için “Küçük < 2 mm; Orta, 2–5 mm; İri, 5–20 mm; Çok iri, 20–76 mm; Aşırı iri > 76 mm” şeklindeki tanımlamalar kullanılmaktadır:

Kıvam;

Toprağın, şeklinin bozulmasına karşı gösterdiği dirençtir. Toprağın işlenmesi ve mühendislik çalışmaları için önemli bir kavramdır. Kıvam, büyük ölçüde toprağın nem içeriğine bağlı olduğundan, nem durumu kuru-nemli-yaş şeklinde belirtilmelidir.

- Kuru
 - Dağılgan
 - Yumuşak
 - Hafif sert
 - Sert
 - Çok sert
 - Son derece sert
- Nemli
 - Dağılgan
 - Çok gevşek
 - Gevşek
 - Sıkı
 - Çok sıkı
 - Son derece sıkı

- Yaş
 - Yapışkanlık
 - Plastiklik

Yapışkanlık; Toprağın diğer cisimlere yapışma derecesidir. Soil Survey Manuel’da (1993); “Yapışkan olmayan, Az yapışkan, Orta yapışkan, Çok yapışkan” şeklinde sınıflandırılmıştır.

Plastiklik; Toprağın, uygulanan basınç altında devamlı şeklini koruyabilmesidir. Soil Survey Manuel’da (1993); “Plastik değil, Az plastik, Orta plastik, Çok plastik” şeklinde sınıflandırılmıştır.

Kökler;

Horizon veya katmanlarda bulunan köklerin miktarı, büyüklüğü ve konumu, toprağın birçok özelliği ile yakından ilişkilidir. Ancak köklerle ilgili veriler, sübjektif unsurlardır. Aynı toprakta yetişmesi mümkün olan farklı bitkiler bulunabilmektedir. Farklı kök sistemlerine karşı davranışı aynı parametrelerle yorumlamak mümkün değildir ancak köklerin büyüklüğünün birim alandaki sayısına bakılarak yapılabilen sınıflamalar söz konusudur.

Gözeneklilik;

Gözenekler, toprakta gözle görülebilen, hava ile dolu boşluklardır. Tip, büyüklük ve miktar ile tanımlanır. Toprağın havalanmasını, köklenmeye uygunluğunu ve geçirgenliğini etkileyen önemli bir özelliktir. Toprağın fiziksel özelliklerine önemli etkisi vardır. Toprakta ölçülebilen ve hesap edilebilen bir parametredir. Arazide el büyüteci ile 10 cm*10 cm’lik horizonu temsil edebilecek bir alanda tanımlanır Arazi koşullarında gözlemlenmesi ve ölçülmesi bu sebeple oldukça zordur. Laboratuvar analizlerinin sonuçları ile pedometrik

sisteme entegre edilebilir. En bilinenleri; tekstürel boşluklar, kabarcık boşlukları ve yüzey boşluklarıdır.

Hayvanlar;

Toprak materyalinin, toprakta yaşayan hayvanlar tarafından karıştırılması, değiştirilmesi ve hareket ettirilmesinin, bazı toprakların özelliklerinin değişmesinde çok önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Ancak profil boyunca hayvan aktivitesinin tespit edilmesi zordur ve açılan profilin yerine bağlı olarak çok büyük değişimler göstermektedir. Bu sebeple parametrik yaklaşımın sonucu için her zaman objektif değerler vermezler. Pedometrik yaklaşımda kullanılmaları, ciddi yanılgılara yol açabilir.

Reaksiyon;

Reaksiyonun sayısal gösterimi pH değeriyle ifade edilmektedir. pH değeri toprak çözeltisindeki hidrojen iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanmaktadır. Genellikle topraklardaki pH değeri 2 ile 11 arasında değişir; pH değeri 7 ise nötr olarak kabul edilir, 7'den küçük değerler asitliği, büyük değerler alkaliliği ifade etmektedir. pH'ın ölçümünde kolorimetrik ve elektrometrik yöntemler kullanılmaktadır. Kolorimetrik metotlar, elektrometrik metotlara göre daha basit ve ucuzdur. Güvenilir olarak ölçüm yapabilen taşınabilir pH-metrelerle de reaksiyon ölçülebilmektedir. Parametrik değerler Çizelge 2.14'de görülmektedir.

Çizelge 2.14. pH değerlerine göre toprakların sınıflaması

Sınıf	pH
Ultra asit	<3.5
Aşırı derecede asit	3.5–4,4
Çok kuvvetli asit	4.5–5,0
Kuvvetli asit	5.1–5,5
Orta asit	5.6–6,0

Zayıf asit	6.1-6.5
Nötr	6.6-7.3
Zayıf Alkali	7.4-7.8
Orta Alkali	7.9-8.4
Kuvvetli Alkali	8.5-9.0
Çok Kuvvetli Alkali	> 9.0

Tuzluluk;

Tuzluluk standart olarak, saturasyon çamurundan elde edilen süzüğün elektriksel iletkenliğinin hesaplanması yöntemiyle ölçülür. Arazide yapılan gözlemlerle de tahmin edilebilmekte olan tuzluluğun, pedometrik yaklaşımda kullanılmak üzere arazinin istenen her noktasında taşınabilir tuz-metrelerle ölçülmesi de mümkündür. Tuzluluğun belirlenmesinde toprağın tarımda kullanılıp kullanılmadığı, yetiştirilen kültür bitkileri ve gelişim durumu yanısıra yabancı otlar ve doğal olarak yetişen bitkiler önemli kriterlerdir (Dinç ve Şenol 1997).

Tuzluluk aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

Çizelge 2.15. Tuzluluk durumu sınıflaması (Soil survey manual 1993)

Sınıf	Tuzluluk Durumu	Elektriksel İletkenlik dS/m (mmhos/sm)
1	Tuzsuz	0-2
2	Çok az tuzlu	2-4
3	Az tuzlu	4-8
4	Orta tuzlu	8-16
5	Çok tuzlu	≥ 16

SAR;

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), önemli bir toprak özelliği olan sodikliğin belirlenmesini sağlayan bir değerdir. SAR, saturasyon süzüğündeki sodyum, kalsiyum ve magnezyumun miliequivalent/litre (meq/lt) olarak konsantrasyonlarından hesaplanmaktadır

(Dinç ve Şenol 1997). SAR değerlerinin, toprakların noktasal kimyasal analiz sonuçlarına dayanılarak yapılacak hesaplamalar sonucunda pedometrik sisteme dahil edilmesi mümkündür. Aynı şekilde sülfat ve sülfidlerin de analiz sonuçlarına dayanılarak hesap edilerek pedometrik sisteme dahil edilmeleri mümkündür.

Kireçlilik;

Toprakların karbonat içeriği, asitle kontrol edildiğinde meydana gelen köpürmenin derecesine göre oluşturulan aşağıdaki sınıflarla belirtilmektedir (Dinç ve Şenol 1997):

- Kirecsiz: Herhangi bir köpürme oluşmayan topraklar.
- Az Kireçli: Görülemeyecek kadar az, normal işitme ile saptanabilen köpürmenin olduğu topraklardır.
- Orta Kireçli: Kabarcıklar oluşmadan gözle görülebilir köpürmenin olduğu topraklar.
- Çok kireçli: Gözle görülebilir kuvvetli köpürmenin olduğu fazla yüksek olmayan kabarcıkların olduğu topraklar.
- Aşırı kireçli: Kalın bir kabarcık tabakası oluşturacak kadar fazla köpürmenin görüldüğü topraklar.

Buraya kadar olan bölümlerde yapılmış olan açıklamalardan da anlaşılacağı üzere literatürde geleneksel ve modern toprak haritalama sistematığı için kullanılması gereken arazi ve toprak özellikleri ile bu özelliklerin tanımlanmasına yardımcı olan ölçüt ve parametrelerden kimileri sayısal kimileri ise hala subjektif yaklaşımlar ile açıklanıp tanımlanmaktadır. Ülkemizde yapılan toprak haritalama çalışmalarında kullanılan değişkenler genellikle kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini kapsarken, dünyada yapılan çalışmalarda ise bu özelliklere mutlaka eğim, yükseklik, eğim yönü, plan ve profil eğriliği gibi uzaktan algılama ve coğrafi bilgi teknolojileri kullanılarak elde edilen yüzey modellemesi ürünü coğrafi değişkenler eklenmektedir.

Sonraki bölümlerde yukarıda açıklanan söz konusu toprak özellikleri kullanılarak hazırlanan toprak haritalarına dair geleneksel ve modern yöntemler açıklanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılmış olan söz konusu toprak parametreleri ise materyal bölümünde sıralanmıştır.

2.1.2. Geleneksel yöntem

Geleneksel toprak etüd ve haritalama sistematığı genel olarak şu basamakları içerir;

- 1) Toprak sınırlarının bulunması ve çizilmesi amacıyla kullanılacak kartografik materyalin seçimi ve temin edilmesi,
- 2) Kartografik materyalin arazi çalışmaları için hazırlanması ve diğer yardımcı bilgilerin temin edilmesi,
- 3) Haritalanacak toprak bireylerinin (toprak serileri, büyük toprak grupları, vb.) tanımlanması, örneklenmesi ve toprak haritalama lejandının hazırlanması,
- 4) Tanımlanan toprak bireylerinin ve fazlarının yayılım alanlarının ve aralarındaki sınırların belirlenmesi,
- 5) Baskı haritasının çizilmesi.

Geleneksel toprak haritalama sistematığında, hava fotoğrafları ve 1/25.000 ölçekli topografik haritalar en önemli kartografik materyallerdir. Bu materyaller, toprak bireylerinin tanımlanacağı yerlerin saptanması ve olası toprak sınırlarının bulunması amacıyla arazi çalışmaları için hazırlanırlar. Özellikle toprak bireylerinin tanımlanacağı yerler, jeolojik, jeomorfolojik ve topografik bilgilerin de yardımıyla kartografik materyal üzerinde belirlenmektedir. Haritalanacak toprak bireylerinin tanımlanıp örneklenmesi ve toprak haritalama lejandının haritalanması aşamalarından sonra, etüd-haritalama konusunda bilgi birikimi ve deneyimi olan uzmanlar tarafından arazi çalışması gerçekleştirilir. Bu çalışmalar sırasında belirlenen farklı toprakların sınırları ve bu sınırların arazideki

dağılımları toprak uzmanı tarafından bulunur ve mevcut kartografik materyal üzerine çizilir.

Ülkemizde toprak haritalama ve sınıflamasına yönelik yapılan çalışmalar ilk olarak 1950’li yıllarda başlamıştır. 1966 yılında yapımına başlanmış ve 1971 yılında tamamlanmış olan, toprak kaynaklarımıza ait veri tabanı oluşturmak ve tarımsal planlamalara hizmet götürebilmek için “İstikşafi- Yoklamalı/ Gözlemlî” karakterli ve 1938 Eski Amerikan Sınıflama Sistemine göre Büyük Toprak Grupları düzeyinde hazırlanmış olan 1/100.000 ölçekli “İl’lerin Toprak Kaynağı Envanter Raporları” ülkemiz için yapılan en kapsamlı çalışma sayılabilir. Ülkemizde halen birçok disipline ait çalışmalarda temel altlık olarak söz konusu bu raporlar kullanılmaktadır. En son olarak 90’lı yıllarda bilgisayar sistemlerinden yararlanarak, İl Toprak Kaynağı Envanter Raporları gözden geçirilmiş ve arazi kullanım türleri güncellenerek “İl Arazi Varlığı” raporları olarak yayımlanmıştır. Ancak bu haritalar da, aşağıda sıralanmış bulunan sorunlar sebebiyle günümüz koşullarına uygun değildir.

1. Eski Amerikan Sınıflama Sistemine göre pedogenetik yapılanma ile oluşturulduğu için bilimsel çalışmalara veri tabanı oluşturamaz;
2. Çalışmanın, Büyük Toprak Grubu düzeyinde olması nedeniyle, ayrıntılı sınıflamaların önemli bir kategorik düzeyi olan toprak serileriyle ilişki kurulamayacağı için, sadece “Genelleştirilmiş Toprak Haritası” düzeyinde kalacaktır;
3. Morfometrik sistemli bir haritalama çalışmasında, bu haritalardan yararlanılamaz;
4. Bu haritalarda ayrıca “Arazi Yetenek Sınıfları ve Alt Sınıfları” da verilmiştir. Harita ölçeğinin bu detaydaki veri için uygunsuzluğu ve harita yapımında izlenen yöntemin yetersizliği, bu kategorik değerlendirmelerin de yüksek hata payı ile haritalandırılmasına neden olmuştur;
5. Bu haritalardan yararlanarak günümüz çalışmalarına ışık tutabilecek, parametrik değerlendirmeler üretilemez.

Arazi yetenek sınıflandırma sisteminde kullanılan yöntem, “parametrik bir değerlendirme sistemi” değildir. Oysa bu yönteme dayanarak hazırlanan haritalar çevresel

etkilerin modellenmesinden, değişik mühendislik dallarında ve doğal kaynakların planlanması ve korunması çalışmaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Benzer şekilde toprak etüt ve haritalama çalışmaları sonucu üretilen toprak haritaları ve bununla ilişkili sunulan çizelgeler kullanıcılar için toprak veri tabanı oluşturmaktadır ve geleneksel toprak etütleri de bu tür uygulamalarda talep edilen verilerin hazırlanmasında temel yöntemdir. Oysa aynı şekilde, standart toprak etütleri çevresel modelleme ve amenajman ile ilgili çalışmalarda gerekli olan detaylı (yüksek çözünürlükte) bilgileri sağlamak üzere dizayn edilmemişlerdir (Zhu vd 2001).

Akbaş ve Yıldız (2004), Ülkemiz koşullarında üretilen 1:100.000 ölçekli sınırlı bilgi sağlayan bu haritalardan edinilen verilerin, detaylı çalışmalar için kalite düzeyinin oldukça eksik ve yetersiz kalacağını açık olacağını vurgulamışlardır. Yine bu çalışmada, detaylı toprak haritalarında yer alan sınırların toprak serileri ve bunlara ait fazlar düzeyinde olduğu ve ülkemiz koşullarında üretilen ve sayısal harita olarak adlandırılan bu haritaların sadece sayısallaştırılarak (bir başka deyişle sadece bilgisayar ortamına alınarak) CBS ortamına aktarıldığı ve kullanılmakta olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca söz konusu sınırlar içinde haritalama ünitelerinin homojen olduğu kabul edilip sonraki değerlendirmeler bu doğrultuda yapılmakta olduğunu oysa yaptıkları çalışmada yüzey toprağına ait üretilen haritalarda söz konusu sınırlar içerisinde toprak özelliklerinin belirli ölçüler dahilinde değişkenliğe sahip olduğunu göstermişlerdir.

Mulla and Mc Bratney (2000), toprak değişkenliğinin tamamının geleneksel toprak etüt haritalama ve sınıflama çalışmaları sonucu üretilen toprak haritalama üniteleri kapsamında tanımlanamadığını bildirmektedirler.

Geleneksel toprak etütlerinde haritalama ünitelerini temsil için açılan profillerden yapılan tek nokta örnekleme sonucu elde edilen değerlerin, gerçekte, bir haritalama ünitesi içinde belli bir değişime sahip olduğu açıktır. Bu sonucu destekleyen ve toprak haritalarının bu tür değişkenliği yansıtamadığına dikkat çeken oldukça fazla sayıda literatür vardır (Mokma 1987, Nordt vd 1991, Wilding vd 1994, Mulla ve Mc Bratney 2000).

Arazi yönetimine yönelik çalışmalarda, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımına neden olmamak ve arazilerin doğal yetenekleri ve parametrik (kantitatif) sistemle değerlendirilerek niteliklerine uygun bir şekilde kullanmak istiyorsak; günümüzdeki yanlış uygulamanın düzeltilmesi ve tüm eksiklerinin giderilmesi adına modern yöntemlerin kullanılması ön koşuldur.

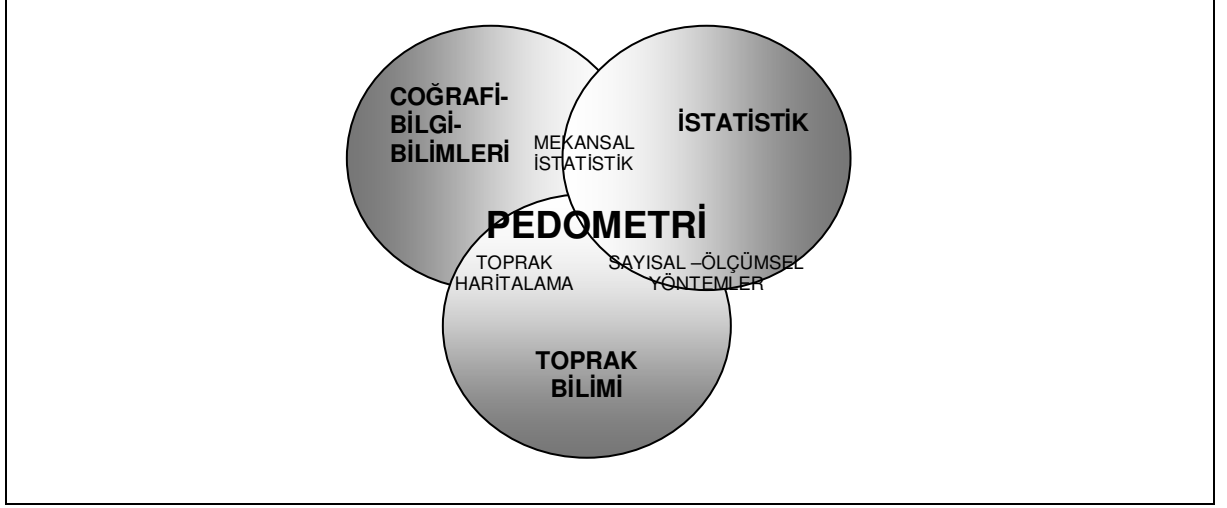
2.1.3. Modern yöntemler

Poligon tipli toprak haritalarının kalitesi ve kullanışsızlığı uzun yıllardır tartışma konusudur. Son 20 yıldaki teknolojik ve kuramsal gelişmeler, toprak haritalama alanındaki birçok yeni metodolojik ilerlemeye liderlik etmiştir. Bu gelişmelerin birçoğu yeni ortaya çıkan bir disiplin olan “Pedometri”ye aittir.

Günümüzde jeoistatistiksel ya da morfometrik yöntemler kullanılarak genetik özelliklerin ortaya çıkarılması ile taksonomik üniteler çeşitli değerler ile tanımlanmaktadır. Pedometrik haritalama da bu yöntemlerden biridir ve ünitesel birimlerin “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)” entegre edilerek optimum sınıflandırma yöntemini araştırmaktadır.

Pedometrinin gelişimi, bir bakıma da yeni teknolojik buluşlar ve gelişmeler olan uzaktan algılama teknikleri, GPS konumlandırma ve bilgisayarların doğal bir sonucudur (Burrough vd 2001). Pedometrik araştırmaların esas konusu, toprakların mekânsal-zamansal değişimlerinin üstesinden gelebilecek modeller ve araçlar geliştirmektir (McBratney vd 2000, 2003).

Pedometrik haritalama genel olarak; toprak coğrafi bilgisinin kantitatif (sayısal) ve jeoistatistiksel ürünü olarak tanımlanır, aynı zamanda, ağırlıklı olarak bilgi teknolojilerine dayandığı için “tahmin edici toprak haritalama (Scull vd 2003)”, “dijital toprak haritalama (McBratney vd 2003)” olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Pedometri biliminin, etkileşimde olduğu diğer bilimsel ve teknik alanlarla ilişkilerinin tanımlanması (Hengl 2003)

Pedometrik haritalamada, topraklara ait coğrafi bilgilerin (soil geoinformation) üretiminde çoğunlukla kantitatif (sayısal-dijital) metotlar kullanılmaktadır. Özellikle, dijital toprak bilgilerinin temin edildiği kaynakların ve veri-bilgi temini olanaklarının artmasıyla pedometrik haritalamada da son yıllarda yeni ve daha ekonomik metotların geliştirilmeye başlandığı gözlenmektedir.

Pedometrik haritalama sistematğinde iki temel grup bilgi anahtar rolü oynar: arazi parametreleri ve uzaktan algılama görüntüleri (Dobos vd 2000). Arazi parametreleri, DEM'den elde edilen arazi verisinin birikim ve çöküntü potansiyelleri, eğim, eğim yönü gibi jeomorfolojik sayısal değerlerinin ayarlanmasında etkiliyken, uzaktan algılama verisi ise yüzey pürüzlülüğü, renk, nem içeriği gibi toprakların diğer yüzey karakteristiklerini yansıtmakta etkilidir. Çalışmanın başında yapılan uydu verilerinin gözle yorumu her şeyden önce araştırmacılara araziye çıkmadan önce çalışma alanında yer alan topraklar hakkında genel bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca CBS ile elde edilen sayısal yükseklik modeli (DEM) araştırmacının çalışacağı araziye tanımasına fırsat tanımaktadır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin toprak etüd ve haritalama çalışmalarında yukarıda açıklandığı kullanımların dışında kullanıldığı bir diğer aşama ise arazi çalışmaları aşamasıdır. Bunların dışında toprak analizlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde ve sonuç haritalarının üretilmesi aşamalarında da CBS etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Temel kartoğrafik materyal ile yapılan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen eğim, derinlik, üst toprak tekstürü, yüzey taşlılığı ve erozyon derecesine ait veriler ile her bir haritalama ünitesi için veri tabanı hazırlanmaktadır. Böylece çalışma alanının her yerini kapsayan ve özelliklerini içeren toprak etüd haritası hazırlanmış olur. Hazırlanan bu haritalar; benzer özellikler gösteren toprakların aynı sınırlar içerisinde toplandığı ve haritalama ünitesi olarak topoğrafik haritadan ve arazi gözlemlerinden sağlanan doğal ve insan yapısı objelerin belirtildiği çizgileri içeren koordinatlı ve ölçekli durumdaki poligonal bazlı haritalardır.

Oluşturulan veri tabanından CBS'nin sorgulama işlemleri (Query) yardımıyla eğim, derinlik ve diğer özelliklerin biri veya birden fazlası için özel amaçlı haritalar üretmek ve toprak haritasında yer alan tüm özellikler için alan ve uzunluk gibi hesaplamaları yapmak da mümkündür.

Coğrafi bilgi sistemleri ile hazırlanan harita, her bir haritalama ünitesi için oluşturulan veri tabanına eklenecek olan yeni bilgilere göre sonuçlar üretebilecek yapıdadır. Nitekim çeşitli CBS yazılımları yardımıyla bulunan sonuçların bu veri tabanına eklenmesiyle çalışma alanının ideal arazi kullanım planlaması, tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları haritaları da istenilen ölçekte üretilmekte ve bu haritaların birim özelliklerinin kapladığı alanlar hesaplanabilmektedir.

Uzaktan algılamanın temeli, objelerin sahip olduğu özelliklerine göre konum, zaman ve koşullara bağlı olarak kendilerinden yansıyan enerjinin bir algılayıcı tarafından farklı dalga boylarında ölçülmesine dayanmaktadır. Bu kavramdan hareketle topraklarda kendi doğalarında var olan özelliklerine bağlı olarak farklı yansımalar vermektedir. Bu farklılığın belirlenerek tanımlanması ve haritalanması toprak etüd ve haritalamanın amaçlarındandır.

Toprak tekstürü, strüktürü, vertikal özellikler, organik madde içeriği ve kimyasal bileşimi, toprak rengi ve toprağın üzerinde olduğu ana materyalin cinsi gibi özellikler, toprak yüzeyinden olan yansımayı etkileyen faktörlerdir. Bu özellikler yönünden toprağın farklı olması, onların farklı sınırlar içerisinde haritalanmasını gerektirmektedir. Ayrıca yüzeyde oluşan farklılıklar toprağın derinliğine olan farklılığın da dolaylı bir belirteçidir (Higham vd 1975, Girard 1990, Dinç ve Şenol 1997).

Toprak yüzeyinden olan yansıma uydu sistemlerinde bulunan algılayıcılar yardımıyla insan gözünün ayırt edebildiğinden çok daha fazlasıyla ayırt edilmektedir. Bu algılayıcılar yansımayı gri ton seviyesini 256 (8 bit) hatta 2048 (11bit) parlaklık seviyesine kadar ayırt ederek algılamaktadırlar. Ayrıca bu ayırım renk olarak değil 0–255/2047 arasında sayısal veri olarak kaydedilmektedir. İşte bu özellik uydu verilerinin bilgisayar ortamında matematiksel ve istatistiksel metotlara göre değerlendirilebilmesine olanak sağlayan özelliktir.

Toprak haritalamadaki geleneksel yaklaşımlarla pedometrik yaklaşımlar arasında gözle görülür farklılıklar söz konusudur. İki yaklaşım arasındaki söz konusu bu farklılıklar Çizelge 2.16’da özetlenmiştir. Geleneksel toprak araştırmaları fotoğraf yorumlama ve toprak tiplerinin tahminine dayanırken, pedometrik teknikler esas olarak büyük ölçeklerdeki ve ayrı ayrı her bir toprak değişkeninin haritalanmasına odaklanmıştır. Geleneksel toprak haritalama metodolojisi poligon tabanlı haritalar üretirken pedometrik teknikler toprak özelliklerinin iyi tanımlanmış detaylı tematik haritalarını üretir.

Çizelge 2.16. Toprak haritalamada pedometrik yaklaşımlarla geleneksel yaklaşımların karşılaştırılması (Hengl 2003)

	PEDOMETRİK YAKLAŞIM	GELENEKSEL YAKLAŞIM
Hazırlanma ve Proje Planlama	Anahtar toprak ve çevresel değişkenlerin tanımlanması	Anahtar toprak oluşum faktörlerinin tanımlanması
Yardımcı Veri Üretme (Pre-processing)	Uzaktan algılama görüntüleri; DEM'den elde edilmiş arazi değişkenleri, jeoloji verileri, vb.	Fotoğraf yorumlama; keşif araştırmaları
Örnek Dizaynı	Plan-bazlı (rastgele örnekleme, katmanlı rastgele örnekleme), ya da model-bazlı (eşit aralıklı alan katmanları) örnekleme	Serbest araştırma
Arazi Verisi Toplama ve Laboratuvar Analizi	Mobil-GIS kullanarak noktaların tespiti	Hava fotoğrafları kullanarak noktaların tespiti
Veri Girişi ve Organizasyonu	Jeoistatistiksel yöntemler ile veri analizi ve interpolasyonu	Toprak haritalama birimlerinin ve kompozisyonlarının tayin edilmesi
Toprak Araştırması Ürünlerinin Sergilenmesi ve Dağılımının Gözlenmesi	Toprak değişkenlerinin ve belirsizliklerinin tahmin edildiği detaylı tematik haritalar	Toprak özelliklerinin tablolaştırıldığı poligon haritalar

Son yıllarda CBS uygulamaları kamu kuruluşları ve belediyelere bağlı olan doğal kaynak, arazi kullanım planlayıcıları ve çevre koruma birimleri tarafından yoğun olarak

kullanılmaktadır (Akbaş 2004). Toprak etütleri sonucu üretilen temel toprak haritaları ve sonuç raporları da CBS uygulamalarının sıklıkla kullanılan bir bileşenidir (Hammer vd 1991).

Topraklara ait veriler, genellikle toprak haritalarının sayısallaştırılması sonrası istenilen veriler ile ilgili katmanların oluşturulması yoluyla elektronik ortama aktarılmaktadır. Raporların doğruluğu, detay ve içerdiği ilave bilgilerin zenginliği, bu amaçla sonraki kullanımlar için geçerli sonuçlar alınmasını sağlamaktadır (Rogowski ve Wolf 1994).

Son yıllarda CBS teknolojilerinin toprak ile ilişkili uygulamalarında, toprak etütleri sonucu verilen bilgiler yetersiz kalmakta ve ilave bilgiler sağlaması yönünde talepler artmaktadır. Modelleme çalışmalarında, (su akış modellenmesi ve noktasal kaynaklı olmayan kirlilik çalışmaları gibi) modellerin doğrulanması için yoğun arazi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip kullanımda bir alan, katman veya hacimdeki toprakta uzaysal olarak değişken olan toprak verileri gruplandırılmalı, işlenmeli, ortalama değerleri alınmalı, ya da değişkenler veya toprak özellikleri için benzerlik ve farklılıkları ortaya koyacak belli bir skalaya dönüştürülmelidir. Böylesi gruplamaların, belirli bir derecede güven sınırları içinde yapılması, toprakların uzaysal değişken bileşenleri hakkındaki bilgileri gerektirmektedir (Brown ve Huddleston 199, Rogowski ve Wolf 1994, Young vd 1998).

Çok sayıda çevresel ve sosyo-ekonomik modelin (risk tahmini, senaryo testi, vb.), gelecekteki hayat şartlarımızın değişimini önceden tahmin edebilmek için veri girdisi olarak toprak parametrelerine ihtiyaç duyduğu bilinen bir gerçektir. Ancak toprak verisi hem ülkeler bazında hem de Avrupa ölçeğinde çok kısıtlıdır. Mevcut toprak verisi ya uygun ölçekte yoktur ya da verinin kalitesi kuşkuludur. Birçok ülke kendi topraklarına yönelik birtakım sınıflandırma sistemleri geliştirmiştir ancak geliştirilen sistemlerde bir yöntem birliği ve veri tabanı uyumu bulunmamaktadır. 2006 yılında, Avrupa Toprak Bürosu (ESBN) ve Avrupa Çevre Ajansı (EEA) bu problemin çözümüne yönelik bir araya gelmiş ve Avrupa çapında ortak toprak veri tabanı üretmeye yönelik bir çalışma başlatmıştır (Dobos ve ark. 2006). Bu çalışma kapsamında yapılan toplantılarda ortaya konulan mevcut

durumun değerlendirmesi ve yapılması gerekenlere yönelik bir yol haritası niteliğinde hazırlanan ilk sonuç raporu olan “Sayısal Toprak Haritalama (Digital Soil Mapping)” kitapçığı basılmıştır. Bu çalışma ile; hazırlanmak istenen ortak bir veri tabanına ilişkin Avrupa ülkeleri ölçeğinde yaklaşık 500.000 toprak profili verisinin çeşitli ölçeklerde mevcut olduğu ancak bu verilerin yasal sebeplerle toplanmasında güçlük yaşandığı vurgulanmaktadır. Mevcut toprak verilerinin ölçüm ve saklama teknikleri açısından birbirinden çok farklı olmasına rağmen, çevresel çalışmalar ve gıda güvenliği açısından ortak bir veri tabanı yapısı geliştirilmesi gerektiği yine bu çalışmada vurgulanmaktadır. Bu amaca yönelik örnekleme ve toprak profillerinin tanımlanmasına yönelik geliştirilen ortak ilkelerin hazırlanmasından sonra, çok sayıda ülkenin katılımıyla toprak profillerinin toplanmasına başlanmıştır.

Ülkemizde, parametrik sistemlere dayalı olarak yapılmış olan bazı ayrıntılı toprak haritalaması ve benzeri çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar çoğu kez Üniversitelerde, özellikle yüksek lisans ve doktora çalışmaları ile araştırma makalelerinde uygulanan küçük lokal alanlara yöneliktir ve Ülke topraklarının çok küçük bir kısmını içeren alanları kapsamaktadır. Yurt genelinde yapılmış ve tarımımızı yönlendirebilecek Kırsal Arazi Planlaması, Arazi Kullanım Planlaması, Toprak Amenajmanı Projelerini üretebilecek 1/25.000 veya daha büyük ölçekli Ayrıntılı Toprak Haritaları henüz elimizde yoktur. Ayrıca günümüzde çağın gerektirdiği, “Ayrıntılı Toprak Haritalarının” yapımı için gerçek anlamda bir yapılanma da bulunmamaktadır.

Yukarıda anlatılan genel ölçekli bilgilerin dışında, toprak ve arazi ölçeğinde karşılaşılan problemlere bakılacak olursa; toprak değişkenleri sadece yatay olarak değil derinliğine de, ayrıca sadece devamlı değil kesiklilik şeklinde de çeşitlilik gösterir ve bu yüzden yönetilmesi çok zor verilerdir. Bitki analizi ya da arazi kullanımı haritalamasıyla kıyaslandığında toprak haritalama çok daha fazla yoğunlukta arazi denetlemesi gerektirir. Dahası, toprak horizonları ve toprak tipleri genellikle ayırt edilmesi ve ölçülmesi çok zor olan belirsiz bir yapıdadır.

Topraklara ait değişkenler (pH düzeyi, alkalilik, strüktürel yapılar, vb.) sayısal ve sözel değerlerde olabilirler. Ve bir alana ait toprak sınıfını, bu sayısal ve sözel değerlere dayanarak her uzman farklı inisiyatif kullanıp farklı atayabilir. Kartografik materyaller üzerinde sınır çizen uzmanlardan birisi şu yönde diğeri bu yönde bir sınır çizme gerekçesi oluşturabilmektedir. Bir uzmanın arazide tespit etme becerisi gösterebildiği bir arazi ya da toprak değişkenini diğer bir uzman deneyiminin yetersiz olması nedeniyle tespit edemeyebilecektir. Yine birisinin arazi yetenek sınıflaması kapsamında elde ettiği toprak değerlerine bağlı olarak IIes dediğine, bir diğeri IIIes ya da IIse, hatta IVse diyebilmektedir. İşte bu uzman görüşüne dayalı farklılıkları azaltmak adına dünya literatüründe bu konuda çalışan sınırlı sayıdaki uzman, yeni metotlar geliştirmek için çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar. Jeostatistik ve pedometrik yöntemler ile morfometrik genetik yaklaşımlar, son dönem geliştirilen bazı toprak sınıflama çalışmalarının en çok kullanılan örnekleridir. Bu çalışmaların ülkemizdeki uygulamaları, geliştirilen yöntemlerin parçacıl örneklerinin lokal alanlarda test edilmesine yöneliktir. Ancak Ülkemizde, geleneksel toprak haritalama sistematığının alternatifi olarak aranan yöntemlerin uygulanabilirliğine yönelik yürütölen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. İşte, tespit edilen bu eksikliği giderebilmek, bu alandaki çalışmalara ivme kazandırmak ve pedometrik haritalama sistemlerini Türkiye’deki toprak haritalama çalışmalarında kullanabilir kılmaya destek olmak adına bu tez çalışmasının yürütölmesine karar verilmiştir.

2.2. Jeostatistik

Toprak heterojenitesini kantitatif olarak analiz edilebilmek için kullanılan bazı özel istatistiki teknikler arasında, “jeostatistik” önemli bir yer tutmaktadır. Jeostatistik, örnekler arasındaki mekansal (uzaysal) korelasyonu ölçen ve bu korelasyonu arazide örnekleme yapılmamış noktalardaki toprak özelliklerini tahmin etmede kullanan uygulamalı istatistiğin bir dalıdır. Bu işlemler uzaysal modelleme (semivariogram hesaplamaları) ve uzaysal interpolasyon (kriging yöntemi) ile iki adımda olur.

Jeostatistik, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, önemli zaman, emek ve para kazancı sağlayan, parametreler arasındaki ilişkilerden yararlanılarak arazi özelliklerini genelleştirmeye olanak sağlayan bir tekniktir (Başkan 2004).

İstatistikler bir popülasyon içindeki varyasyonu bulmaya ve bu varyasyonu kullanarak popülasyonların kıyaslanması ilkesine dayanır. Bu kıyaslamada örneklerin mesafe ve zaman içinde birbirinden bağımsız olma kuralı vardır. İstatistikî varyasyon rastgele ve sistematik olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Sistematik varyasyonda ölçülen özellikteki değişkenliğin sebebi anlaşılabilir ve tahmin edilebilir. Örneğin toprak özellikleri topoğrafya, bitki örtüsü, ana materyal, iklim ve zamanın etkisiyle sistematik bir değişkenlik gösterirler. Eğer varyasyon bir nedene dayandırılmıyorsa bu şans veya tesadüfidir. Genel olarak doğal veya bozulmamış toprakların tesadüfî yerine daha çok sistematik varyasyon göstermeleri beklenir (Mulla 1998, Warrick 1998).

Klasik istatistiklerde en fazla önem verilen konu gözlemlerin ve varyansın tesadüfî oluşudur. Araştırmacılar olabilecek sistematik varyansın uygun bir deneme deseni ile bertaraf edilebileceğini ve sistematik varyansın kontrol altına alınmasıyla ortaya çıkacak varyansın tesadüfî olacağını farz ederler.

Varyansın tesadüfî olduğu farz edildiği ve normal dağılım, eşit varyans ve örneklerin bağımsızlığı gibi diğer bazı koşullar da yerine getirildiğinde veriler bildiğimiz klasik istatistiklerle analiz edilebilir. Bahsedilen bu koşullar yerine getirmek zordur ve buna örnek olarak çoğu zaman verilerin normal dağılım göstermemesi verilebilir.

Konumsal değişkenlik sürekli bir dağılım göstermekte olup normal dağılımla ifade edilememektedir. Konumsal değişkenlik belirli bir alanda her nokta için belirli bir değeri temsil ettiğinden gerçek bir fonksiyondur. Buna karşılık klasik istatistiksel modeller, örneklerin normal dağılım gösterdiğini varsayar ve yerin pozisyonu hakkında bilgi vermezler (Webster ve Burgess 1980).

Hamlet vd (1986), toprak özelliklerinin konumsal bağımlılık gösterdiğini ve klasik istatistik metodlarının, değişkenleri uzaydaki konumsal bağımlılıklarına rağmen bağımsız değişkenler olarak ele alması nedeniyle yetersiz kaldığını bildirmektedirler.

Daha önce de belirtildiği gibi klasik istatistiklerin kullanılabilmesi için yerine getirilmesi gereken koşullardan bir tanesi örneklerin birbirinden bağımsız olması idi. Genel olarak çeşitli ölçümler yapılan toprak örnekleri için hesaplanan varyans, toprak örneklerinin arasındaki mesafeye bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu durumda birbirine yakın mesafelerden alınan örnekler birbirinden uzak olan örneklerle oranla daha benzer özellikler gösterirler. Başka bir deyişle toprak örnekleri birbirinden ne kadar uzaktan alınırsa birbirlerinden farklı olma olasılıkları da o kadar artar. Bu şekilde uzaysal değişkenliğe (spatial variability) sahip örnek setlerinin analizinin yukarıda belirtilen klasik istatistiklerle yapılması doğru değildir. Bu durumda genel olarak jeostatistikler olarak bilinen semivariogram analizleri ve krigleme yöntemlerini de içeren jeolojik istatistiklerin kullanılması gereklidir.

Jeoistatistikler bildiğimiz klasik istatistiklerin bir uzantısı olup tek farkı örneklerin birbirinden bağımsız olduğu kuralının kaldırılmış olmasıdır ki esas olarak örneklerin birbirlerine bağımlı olmasına bağlı olarak populasyon parametrelerinin tahmin edilmesi ilkesine dayanırlar. Jeostatistik deyişi ilk kez Fransız Maden Mühendisi Matheron tarafından kullanılmış olup, bu terminoloji jeoloji ve istatistiklerin birleşmesiyle oluşmuştur. Son yıllarda toprakların heterojenliği üzerine yapılan çalışmalarda jeostatistikler çok önemli bir yer tutmuştur. 1970'lerden itibaren kullanılmasına rağmen jeostatistikler her geçen gün kendilerine yeni kullanım alanları bulmaktadırlar.

Jeoistatistikler 1951'de Krige tarafından ortaya atılan ve 1971'de Matheron tarafından geliştirilen bölgesel değişkenler (regionalized variables) teorisine dayanır. Bu teorisinin geliştirilmesindeki en büyük faktör, jeolojik özelliklerin arazi üzerindeki devamlılığıdır. En basit şekliyle bu teori, ölçülen toprak veya jeolojik özelliklerin mesafe ile değişiminin tesadüfi olmadığı ve bu değişimin matematiksel olarak ifade edilebileceği ilkesine dayanır.

Araştırma için kullanılacak veriler jeoistatistiki analizler için kullanılmadan önce tanımlayıcı istatistikleri araştırılmalı ve normal dağılım için test edilmelidir. Çoğu zaman toprak özellikleri normal dağılım göstermezler ve logaritma ya da kök alma gibi bilinen yöntemlerle normalleştirilemezler. Normal olmayan veriler kullanıldığında tahminden kaynaklanan hatalar abartılı olarak hesaplanacaktır.

Tanımlayıcı istatistikler

Ham veriler, sahip olduğu özelliklere ilişkin ipuçlarını yansıtmazlar. Düzenlenmemiş, dağınık haldeki verilere bakarak tanımlayıcı ifadelerde bulunmak mümkün değildir (Ongun 2008). Bir araştırma sonucu elde edilen veriler ancak düzenlendikleri zaman kolay yorumlanmakta ve daha açık anlaşılmaktadırlar. Bu amaçla kullanılan istatistiksel analizler, elde edilen verilerin toplanmasını ve bir veri seti oluşturmalarını, düzenlenmesini ve yorumlanmasını sağlamaktadır (Yetgin 2004).

İstatistiksel analizlerin temel ölçüleri, merkezi eğilim ölçüleri olan mod, medyan ve ortalama parametreleridir. Ortalamalar, veri setini temsil edecek tek bir sayısal değeri belirlemek ve veri setinin genel karakteri hakkında bir fikir edinmek için hesaplanmaktadır. Ayrıca farklı veri setlerinin karşılaştırılmasında da kullanılmaktadırlar. Aritmetik ortalama, bütün veri değerlerinin toplamının toplam veri sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır (Yetgin 2004). Aritmetik ortalama, dağılım simetrik bir yapıya yakınlık gösteriyorsa veri seti için güvenilir bir ölçüttür çünkü veri seti içerisindeki aşırı yüksek ve düşük değerlerden oldukça etkilenmektedir. Yani aşırı uç değerler aritmetik ortalamanın değerini yukarı veya aşağı çekmektedir. Medyan, bir dağılımdaki değerlerin tam ortasındaki değer, diğer bir deyişle o dağılımı eşit iki parçaya ayıran değerdir. İstatistiksel çalışmalarda aritmetik ortalama, veri setinde uç değerler bulunduğunda gerçekçi bir ölçü olarak görülmemektedir. Bu tip durumlarda medyanı hesaplamak daha güvenlidir. Mod, bir dağılımda en çok tekrarlanan değerdir. Medyan gibi mod'da uç değerlerden etkilenmediği için bazı durumlarda aritmetik ortalamanın yerine tercih edilebilir (Özmutaf 2004).

Ortalamalar her zaman farklı veri setlerinin karşılaştırılmasında yeterli olmadığı için değişkenlik (yayılım) ve eğrilik (asimetrik) ölçümlerinden yararlanılmaktadır. Yayılım ölçüleri içinde en çok kullanılan ölçütler ise değişim aralığı, varyans, standart sapma, varyasyon katsayısı, basıklık ve çarpıklıktır. Değişim aralığı bir dağılımdaki maksimum ve minimum ölçüm değerleri arasındaki farktır. Varyans, bir dağılımdaki terimlerin her birinin dağılımın aritmetik ortalamasından olan farklarının karelerinin toplamının terim sayısına oranıdır. Standart sapma ise, varyansın karekökünün pozitif değeridir. Varyasyon katsayısı, standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranının 100 ile çarpılması sonucu elde edilen ve yüzde olarak belirtilen birimsiz bir değerdir. Varyasyon katsayısı kullanılarak birden fazla örneğin değişkenliğinin birbiriyle karşılaştırılması yapılabilir. Varyasyon katsayısı ölçüm birimi içermediğinden karşılaştırma yapılacak örneklerin ölçüm birimlerinin aynı olması gerekmemektedir. Varyasyon katsayısının artmasıyla değişkenlik de artar. Varyasyon katsayısı incelenen parametrelerin değişkenliği hakkında fikir verdiği için jeoistatistiksel analizler için de yol göstericidir.

Veri setlerinin dağılıma şekillerini belirtmek için asimetriklik ölçütleri olarak da bilinen çarpıklık ve basıklık katsayıları kullanılır. Çarpıklık normal dağılımda (çarpıklık katsayısı γ_3 sıfır (0) ise) simetrikliğin bozulma derecesi olarak bilinir. Dağılım sağa doğru uzun kuyruklu ise pozitif çarpıklık ve sağa çarpık, eğer sola uzun kuyruklu ise negatif çarpıklık ve sola çarpık dağılım denir. $\gamma_3=0$ ise veri setinin dağılımı simetrik, $\gamma_3>0$ ise sağa çarpık ve $\gamma_3<0$ ise sola çarpık demektir (Riley vd 2006). Basıklık ise normal dağılım eğrisinin sivrilik veya basıklık derecesini ifade eder. Bir başka deyişle, basıklık, veri setlerine ait değerlerin ortalama çevresinde nasıl dağıldıklarını göstermektedir (Yetgin 2004). $\gamma_4=3$ normal, $\gamma_4>3$ ise sivri ve $\gamma_4<3$ ise basık dağılımı gösterir (Riley vd 2006).

Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini bulmak için korelasyon katsayısına bakılır. Eğer değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı $r=1$ ise, değişkenler arasında pozitif mükemmel bir ilişki vardır. Yani iki değişkenden birinin değerleri artarken diğersinin değerleri de aynı oranda artmaktadır ya da birinin değerleri azalırken diğersinin değerleri de

aynı oranda azalmaktadır. Korelasyon katsayısı $r=-1$ ise, negatif tam bir ilişki vardır. Yani iki değişkenden birinin değerleri artarken diğerinin değerleri aynı oranda azalmaktadır. Eğer $r=0$ ise değişkenler arasında ilişki yok demektir (Yetgin 2004). Ayrıca bu analizin sonuçlarını $0,5 \leq |r| < 1$ ise kuvvetli ilişki, $0 < |r| < 0,5$ ise zayıf ilişki şeklinde de yorumlayabiliriz (Şahinler 2004).

Semivariogram

Daha önce de belirtildiği gibi eğer örnek varyansı mesafe ile tesadüfi bir değişim gösteriyorsa toplam örnek varyansı, örnekler arasındaki mesafeye bağımlı değildir. Bununla birlikte örnekler arasındaki mesafeye bağlı olarak örnek varyansı değişiyorsa, örnekler aralarındaki mesafe yakın olduğunda uzak olana oranla daha küçük bir örnek varyansına sahip olacaklardır. Bu nedenle örnekler arasında uzaysal korelasyonun olup olmadığını anlamanın bir yolu örnek varyansının mesafeye bağlı olarak (semivariogram) hesaplanmasıdır. Eğer iki nokta arasında ((x) ile (x+h) arasında) ilişki çok yüksek ise bir nokta diğer noktadan bağımsız değildir (Yetgin 2004). Araştırılan herhangi bir toprak özelliği hakkında interpolasyon yapmak ve haritalar oluşturmak için semivaryansın varyans yerine hesap edilmesi gereklidir. Bir başka deyişle, uzaysal bağımlılığı sayısal hale getirebilmek ve modelleyebilmek için semivariogram (semivaryans) kullanılır. Semivariogram aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\gamma(h) = [1/2N(h)] \sum [z_i - z_{i+h}]^2 \quad (1)$$

Bu denklemde h; x ile x+h arasındaki ayırma mesafesi (lag); $\gamma(h)$; h mesafesi için semivaryans, z_i ; i noktasında ölçülmüş değer, z_{i+h} ; i+h noktasında ölçülmüş değer, N(h); h mesafesi aralığındaki örnek çiftlerinin toplam sayısıdır.

Teorik olarak örneklerin birbirine olan uzaklığı sıfıra eşit olduğunda ($h=0$), yani aynı noktadan örnek alındığında örnekler arasında herhangi bir varyasyonun olmaması gerekir. Örnekler arasındaki mesafe arttıkça doğal olarak semivaryans değerleri de artacaktır. Örnekler arasındaki mesafe arttıkça örnekler arasındaki korelasyon zayıflar, kritik bir

örnekler arası mesafede korelasyon biter ve bu aralıktan itibaren örnek varyansı tamamen tesadüfi bir yapı arz eder (Şekil 2.7). Ölçülen herhangi bir özellik için örnekler arasında korelasyonun sona erdiği bu kritik mesafe sınır (range) olarak adlandırılır. Bahsedilen özelliğin semivaryansının hesap edilebilmesi için sınır değerinden daha kısa mesafelerden örnekleme yapılmalıdır. Range değerinden daha büyük ayırma mesafesindeki örnekler artık uzaysal olarak ilişkili değildir. Toprak örneklerinde analizi yapılan birçok kimyasal ve fiziksel özellik için farklı sınır değerleri ortaya çıkacaktır. Bu özelliklerden bazıları uzun bazıları ise yakın mesafeler için uzaysal bağımlılık gösterirler. Bu yüzden üzerinde çalışılacak toprak özelliğine bağlı olarak örnek alma sıklığının ayarlanması gerekmektedir.

Semivaryans eldeki bir veri seti için hesap edildikten sonra standart semivariogram modelleri veri setine en küçük kareler yöntemi ile uygulanır. Bu uygulama, araştırmacılara veri setlerindeki uzaysal varyasyonu kantitatif olarak hesaplama imkanı verir. En çok bilinen ve kullanılan semivaryogram modelleri Şekil 2.7’de verilmiştir. Bu denklemlerde h ; örnekler arası mesafe (örnekleme desenindeki iki nokta arasındaki uzaklık), a ; sınır (range, A_0) olarak bilinen model parametresi, $(C_0 + C_1)$; sill olarak bilinen model parametresi (yarıvaryansın örnek varyansına eşit olduğu değer), ve C_0 ; nugget varyansdır (Upchurch ve Edmons 1991, Burrough 1991, Mulla 1993, Mulla 1997, Mulla ve Gotway 1997, Wollenhaupt vd 1997, Mulla 1998, Warrick 1998, Mulla ve McBratney 2000).

Küresel (Spherical) model: Yaklaşık A_0 mesafesindeki noktalara ait çiftlerin daha fazla otokorelasyon göstermediği, modifiye edilmiş kuadratik bir fonksiyondur. orijine yakın küçük ayırma mesafelerinde lineer davranış gösterir. Daha yüksek mesafelerde ise düzleşerek bir sill değerine ulaşır. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}\gamma(h) &= C_0 + C [1.5 (h/A_0) - 0.5(h/A_0)]^3 & 0 \leq h < A_0 \\ \gamma(h) &= C_0 + C & h \geq a \\ A &= A_0\end{aligned}$$

Üssel (Exponential) model: Bu model küresel modele benzer ancak sill değerine daha yavaş ulaşır. Sill değerine asimtotik yaklaşır. Bu modelde range değeri, sill değerinin %95'ine karşılık gelen değer olarak kabul edilir.

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h/A_0)] \quad h \geq 0$$

$$A = 3A_0$$

Gaussian model: Gaussian veya hiperbolik model, üssel modele benzer ancak sill değerine yavaş yavaş ve asimtotik yaklaşır. Bu modelde range değeri, sill değerinin % 95'ine karşılık gelen değer olarak kabul edilir.

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h^2/A_0^2)]$$

$$A = 3^{1/2}A_0$$

Lineer model: Düz çizgi karakterli bir semivariogramdır. Bu modelde teorik olarak sill değeri yoktur.

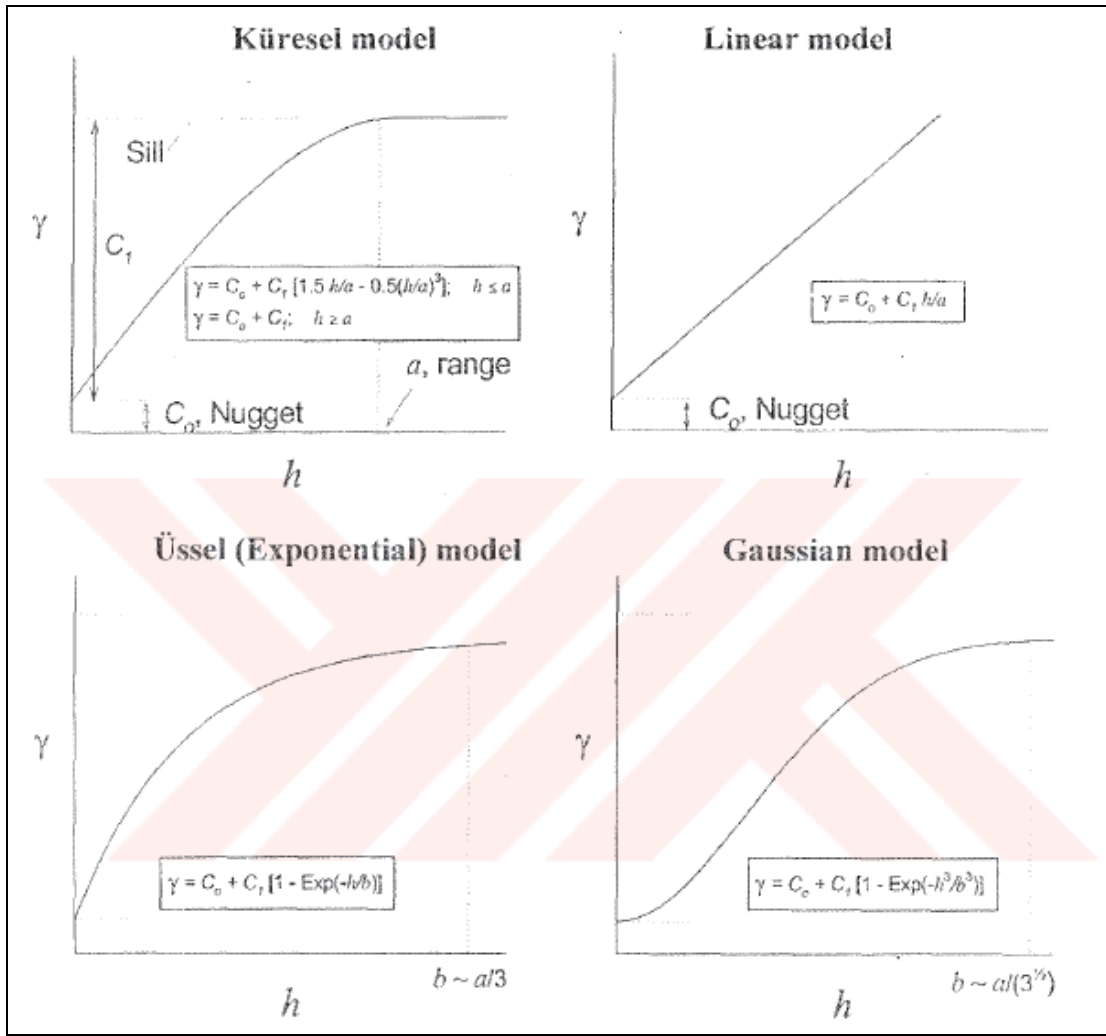
$$\gamma(h) = C_0 + [h(C/A_0)]$$

$$\gamma(h) = C_0 + Bh$$

$$0 \leq h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C$$

$$h \geq a$$



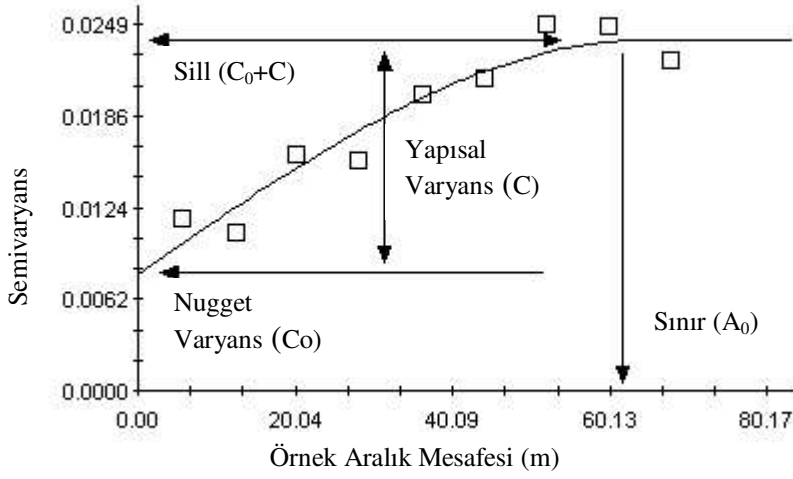
Şekil 2.7. Yaygın olarak kullanılan semivariogram modelleri (Yetgin 2004)

Semivariogram, kriging interpolasyon ile bölgesel tahmin yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan bazı parametrelerin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu parametreler yukarıda verilen eşitliklerde de yer alan sill, range ve nugget varyansıdır. Semivariogramda, lag değeri arttıkça semivaryans değeri de artmaktadır ve bir noktadan sonra sabit bir değere ulaşmaktadır. Bu değer “sill” değeri olarak tanımlanmaktadır. Burada adı geçen lag değeri de örnekleme desenindeki iki nokta (çift) arasındaki uzaklığı ifade etmektedir. “Nugget varyansı” ise örnekler arasındaki mesafe sıfıra eşit olduğu andaki varyans değeri olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.8).

Deneysel semivariogram; Gaussian model, üssel (exponential) model, küresel (Spherical) model, lineer model veya bu modellerin kombinasyonu ile ifade edilebilir. Semivariogram bir sill değerine ulaşıyor ise bağlantı modelleri en uygun modellerdir. Başlangıç noktasına yakın yerdeki semivaryansın davranışına göre 3 tip bağlantı modeli vardır. Eğer başlangıç noktası yakınında semivaryans parabolik davranıyorsa Gaussian model; lineer davranıyorsa küresel ya da üssel model uygun olmaktadır. Sill değeri etki aralığının (range) $1/5$ 'i ile kesişiyorsa üssel model daha uygun; sill değeri etki aralığının (range) $2/3$ 'ü ile kesişiyorsa küresel model daha uygun olmaktadır. Eğer semivaryans sabit bir değere (sill) ulaşmıyorsa lineer model en uygun olmaktadır (Yetgin 2004). Toprak özellikleri ile ilgili çalışmalarda küresel, üssel, lineer ve gaussian semivariogram modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır (McBratney ve Webster 1986, Başkan 2004, Ongun 2008).

Nugget varyansı örnek alma veya örneklerin analizi sırasında hatalar meydana geldiğinde teorik olarak alması gereken sıfır değerinden uzaklaşır. Örnekler arasındaki mesafe, uzaysal korelasyonu belirleyemeyecek kadar fazla olduğunda nugget varyansı yüksek olur. İdeal koşullar altında örnek almada ve ölçümlerde hata yapılmadığında ve örnekler arası mesafe yeterince yakın olduğunda nugget varyansı sıfıra eşit olur (Mulla ve McBratney 2000, Mulla 1993, Mulla 1997, Mulla 1998, Warrick 1998, Upchurch ve Edmons 1991, Burrough 1991).

Genel olarak semivariogram diyagramı üzerindeki sill değeri, toplam örnek varyansına eşittir. Birbirleri arasındaki mesafe A_0 değeri olarak bilinen model parametresi sınır değerinden daha az olan örnekler arasında uzaysal bir korelasyon vardır. Birbirlerinden sınır değerinden daha fazla bir mesafe ile ayrılan örnekler arasında ise uzaysal bir korelasyon yoktur yani bu örnekler birbirinden bağımsız olarak tesadüfi bir şekilde dağılmışlardır. Örnekler arasındaki en yakın mesafe sınır değerinden fazla olan veri setlerinde klasik istatistikler kullanılabilir (Upchurch ve Edmons 1991, Burrough 1991, Mulla 1993, Mulla 1997, Mulla 1998, Warrick 1998, Mulla ve McBratney 2000).



Şekil 2.8. Semivariogram parametreleri.

Semivariogramı hesap ederken dikkat edilmesi gerekli kurallar şunlardır (Burrough 1991):

- Hesaplamalarda kullanılacak örnekler arası mesafe için yeterince örnek çiftinin olması gerekir.
- Elde yeterince örnek çifti olmadığında, varyans diyagramını arazinin en uzun kenarının yarısından fazlası için hesaplanmaması gerekir.
- Düzensiz örnekleme yapılan durumlarda en küçük örnek aralığını hesaplamalarda başlangıç olarak almak gerekir.
- Gerekli olduğu durumlarda verileri transforme etmekten çekinilmemelidir.

Arazide herhangi bir yerde ölçülen toprak özelliğinin, araziye temsil etme derecesi, söz konusu özelliğin örnekleme alanı içerisindeki varyasyonuna bağlıdır (Başkan 2004). İncelenen toprak özelliğinin varyasyon derecesi bu özellikler hakkında yapılacak değerlendirmelerin güvenilirliğini etkileyeceğinden, örnek sayısı ve örnekleme aralığının seçimi büyük önem taşımaktadır.

Eğer bir bölgede toprak özelliğinin uzaysal modelini anlamak için örnekleme yapılıyorsa, örnekleme deseninde örnekler arası mesafe, semivariyogramın range parametresi değerinden daha kısa olarak oluşturulmalıdır. Eğer örnekler range'den daha büyük ayırma mesafesiyle alınıyorsa, bu durumda örnek alınan noktalar arasında uzaysal bağımlılık olmayacaktır. Böyle bir durumda jeostatistik kullanımı uygun değildir (Mulla ve McBratney 2001). En uygun örnekleme mesafesinin, range'in $\frac{1}{4}$ 'ünden $\frac{1}{2}$ 'sine kadar olması tercih edilmektedir (Yetgin 2004).

Semivariogramı doğru bir şekilde hesaplayıp modelleyebilmek için kullanacağımız örnek sayısının en az 30 olması istenir ki bu sayı bazı araştırmacılara göre 100 ve hatta 200'dür. Düzgün aralıklarla ızgara yöntemi ile yapılmış örneklemede en kısa örnekleme aralığı için maksimum örnek çifti sayısı toplam örnek sayısının bir eksiğine eşittir (Mulla ve Schepers 1997, Mulla 1998). Konumsal bağımlılığın doğru şekilde açıklanabilmesi için “en iyi örnekleme nasıl olmalı” en çok karşılaşılan sorulardan biri olmakla birlikte basit bir çözümü de yoktur (Warrick ve Mayers 1987).

Webster ve Olivier (1992), toprak özelliklerinin deneysel semivariyogram modellerinin oluşturulması için gerekli örnekleme sayısının ne kadar olması gerektiğini araştırmışlardır. Araştırmacılar, tipik toprak özelliklerinin ve çevresinin tanımlanabilmesi için 50 verinin az olduğunu, en az 100 verinin olması gerektiğini bildirmişlerdir. Normal dağılımlı yönden bağımsız dağılım gösteren toprak özelliklerinin deneysel semivariyogramlarının 150 veriyle hesaplanmasının genellikle yeterli olduğunu, 225 veriyle yapılan hesaplamaların daima güvenilir olabileceğini bildirmişlerdir.

Toprak değişkenlerinin uzaysal bağımlılığının sınıflandırılmasında, nugget semivaryansın toplam semivaryansa oranının yüzdesi kullanılır. Bu oran, <25 ise, değişken kuvvetli uzaysal bağımlı; 25 ile 75 arasında ise orta derecede uzaysal bağımlı; 75 'den büyük ise değişken zayıf uzaysal bağımlı olarak değerlendirilmektedir (Camberdella vd 1994).

Yarıvaryogram analizleri, çiftlik bazından havza ya da bölge bazına değin değışen ölçeklerde çalışma olanağı vermektedir (Hamlet vd 1986, Camberdella vd 1994).

Krigleme Yöntemi

Uzaysal değışkenlik konusunda yapılan çalışmaların esas amacı istenilen herhangi bir özelliğı örnek alınmayan bir noktada tahmin edebilmektir. Bu amaç, bölgesel değışkenin örneklenmemiş bir nokta veya alandaki değerin hesaplanması şeklinde de ifade edilebilmektedir. Ölçülmüş noktalar arasındaki herhangi bir noktayı semivariogram diyagramı ile ifade edilen uzaysal değışkenliğı de göz önüne alarak tahmin edebilme yöntemi “krig yöntemi” olarak adlandırılmaktadır.

Aşkın (2002), krigleme yöntemini, incelenen toprak özelliğinin ölçüm yapılan noktaları arasındaki uzaysal bağımlılık derecesinden yararlanılarak, örneklenmeyen nokta (Punctual Kriging) veya alanlardaki (Block Kriging) tahminlerinde kullanılan ileri bir interpolasyon tekniğı olarak tanımlamıştır.

Bu teknik ilk defa Maden Endüstrisi için 1963 yılında Matheron tarafından geliştirilmiş olmasına rağmen ilk uygulamayı gerçekleştiren maden mühendisi Krige’in adını almıştır. Bu tekniğın toprak biliminde kullanılmaya başlaması ise Webster ve Burges tarafından 1980 yılında yapılan bir çalışmayla olmuştur (Upchurch ve Edmons 1991, Burrough 1991).

Krigleme tekniğinin geleneksel interpolasyon metotlarına göre avantajı, daha önceden belirlenmiş standart bir ağırlık alma işlemi yerine semivariogram diyagramları ile hesaplanan uzaysal yapının tahmin etmede kullanılmasıdır. Bu sebeple diğer metotlardan daha tarafsız bir tahmin olanağı sağlamaktadır. Diğer önemli bir avantaj ise krigleme tekniğinin hem tahmini hem de bu tahminden kaynaklanan hatayı belirtmesidir. Bu tahmin etmeden kaynaklanan varyans kullanılarak, tahmin edilen özellik için güven sınırları da hesaplanabilmektedir (Upchurch ve Edmons 1991, Burrough 1991, Mulla 1997, Mulla

1998). Bir nokta veya alan için hesaplanan varyans değeri, gerçek değerler arasındaki varyanstan daha küçük ise, toprak özelliğinin ölçülmeyen nokta veya alanı için tahmin edilen değerinin güvenilir olduğu kabul edilmektedir (Trangmar vd 1985, Isaaks ve Sraivastava 1989, Öztaş 1996, Tercan ve Saraç 1998).

Di vd (1989), örnekleme stratejilerinin geliştirilmesinde jeostatistiksel yaklaşımın, geleneksel istatistiksel metotlardan daha etkili olduğunu ve aynı düzeyde kesinlik elde etmek için krigleme yönteminde geleneksel istatistiksel yöntemle göre daha az örnek gerektiğini bildirmiştir.

Krigleme tekniğinin diğer interpolasyon metotlarından (yüzey eğilim ve ters uzaklık metodu) daha iyi olduğu, yapılan araştırmalar sonunda elde edilen jeostatistiksel sonuçlarla kabul edilmektedir (Voltz ve Webster 1990).

Krigleme tekniği esas olarak, N tane ölçülen değerlerin mesafeyle orantılı olarak belirlenen ağırlık katsayılarının ve ölçülen değerlerinin doğrusal kombinasyonlarının toplamı olarak ifade edilmektedir (Aşkın 2002). Krigleme tekniğinde semivariogramın yapısal özelliklerini ve örneklenmiş noktaların değerini kullanarak bilinmeyen noktaların değer tahmini aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

$$Z_o = \sum Z_i \times W_i$$

Bu eşitlikteki Z_o , tahmin edilen değeri; Z_i , ölçülmüş değer; W_i , incelenen özelliğin i noktası için ağırlık katsayısını ifade etmektedir. Ağırlık (W) ise;

$$D = C \times W$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır. Buradaki eşitlikte yer alan ifadelerdeki D , veri noktaları ile örneklenmeyen nokta arasında tahmin edilen semivariogram değerlerini; C ise veri noktaları arasındaki variyogramı temsil etmektedir. Bu ağırlık hesap edilirken

semivariogram parametreleri ve modeline karar verildikten sonra kovaryans değeri hesaplanır. Kovaryans ise;

$$\tilde{C}(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \dots\dots\dots |h| = 0 \\ C_1 \exp\left(\frac{-3|h|}{a}\right) \dots\dots\dots |h| > 0 \end{cases}$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada, C (h), kovaryansı; Co+C₁, sill değerini; a, range'i; Co, nugget varyansını; h ise ayırma mesafesini ifade etmektedir. Söz konusu eşitlik hesaplanarak C ve D matrisleri oluşturulur.

Farklı uzaysal değişkenlik koşulları ve amaçlar için farklı krigleme teknikleri geliştirilmiştir. Değişkenin tek bir noktadaki değerinin tahmin edilmesinde “Ordinary Kriging”, belirli bir alana ait değerlerin tahmin edilmesinde “Blok Kriging”, veriler lognormal dağılım gösterdiğinde “Disjunctive Kriging”, verilerde bir trend olduğunda “Universal Kriging”, belirli bir sınır değerinin üstünde veya altında kalan değerler olduğunda ise “İndikatör Kriging” metodu kullanılmaktadır (Yetgin 2004).

Krigleme tekniğinde örnekleme yapılmamış bir noktada araştırılan özellik için interpolasyon yapmada bu noktanın yakın çevresinde ölçüm yapılmış en az 6–8 ve en çok 16–24 arasında değişik nokta kullanılır (Wollenhaupt vd 1997).

Bilinmeyen değerlerin hesaplanması ile tahmin işlemi son bulmaz, tahmin edilen değere duyulan güvenin ortaya konulması gerekmektedir. Ölçülen değerler ile bu değerlerden krigleme yöntemiyle tahmin edilen değerler arasındaki ilişki, “Çapraz Değerlendirme (Cross Validation)” ile test edilmektedir. Bu karşılaştırma, tahminin doğruluğu hakkında fikir vermektedir. Çapraz değerlendirme sonucu ölçülen değerler ile tahmini değerlerin farkı ise “hatayı” vermektedir. Bu değerlendirmede tahmin metodu gerçek örneklerin lokasyonlarında test edilmektedir. Bilinen bir lokasyondaki değer, örnek veri setinden

çıkarılır. Aynı lokasyondaki değer, geri kalan örnek değerler kullanılarak tahmin edilir ve daha sonra örnek setinden ilk uzaklaştırılan değer ile ölçülen değer kontrol edilir. Bu uygulama bütün örnek değerleri için yapılmaktadır (Yetgin 2004). Bu sonuçları değerlendirirken tahmin hataları (Prediction errors) değişkenlerinden; ortalama (Mean) değerinin 0'a olabildiğince yakın oluşuna, RMS hata olabildiğince küçük oluşuna; ortalama standart hata (Average Standard error) RMS standart hataya (Root-Mean-Square Standardized) olabildiğince yakın oluşuna; ortalama standart hatanın 0'a olabildiğince yakın oluşuna; RMS standart hatanın 1'e olabildiğince yakın oluşuna bakılmaktadır. Sonuçta özetle hata kareler ortalaması ne kadar düşük; korelasyon katsayısı ne kadar yüksek olursa yapılan tahminin o kadar geçerli olduğu anlaşılmaktadır.

Vieira vd (1983), çapraz doğrulama analizini, krigleme metodu içerisinde yer alan ölçüm noktalarındaki değerleri, çevresindeki değerlerle tahmin ederek, gerçek değerlerle tahmin değerlerini karşılaştıran ve seçilen modelin güvenilirliğini test eden bir yöntem olarak tanımlamıştır.

Yapılan kaynak taramalarından da görülmektedir ki modern toprak haritalama tekniği kullanılarak yapılacak bir pedometrik haritalama denemesi için en çok kullanılan sayısal yöntem, jeostatistiksel yöntemlerdir. Jeostatistiksel yaklaşımlar arasından da, kriging interpolasyon tekniğinin, toprak özelliklerinin arazi yüzeyi üzerindeki alansal dağılımlarının bulunması ve pedometrik haritalama çalışmaları için en çok kullanılan yöntem olduğu tespit edilmiştir.

2.3. Toprak Haritalama Konusunda Yapılan Çalışmalara Dair Kaynak Araştırması

Literatürde, Ülkemizde ve dünyada jeostatistiksel teknikler kullanılarak yapılan toprak haritalama çalışmalarına dair örnekler bu bölümde verilmiştir. Ülkemiz nezdinde yapılan çalışmaların bir kısmı üniversitelerin insiyatifinde yürütülmüş kamu daireleri destekli çalışmalar, bir kısmı ise doktora ve yüksek lisans tez çalışmaları şeklindedir.

Hengl (2003), sayısal toprak haritalama konusunda uluslararası dergilerde kendi adına yayınlanmış olan 7 adet makalesini derleyerek hazırladığı “Pedometrik Haritalama” başlıklı doktora tezinde, pedometrik haritalamanın belli başlı basamakları olan örnekleme, ön çalışma, hava fotoğrafı yorumu, interpolasyon, görüntüleme teknikleri, veri organizasyonu, kalite kontrolü alanlarında kullanılan yöntemler ve teknolojilere ilişkin geniş açıklamalarda bulunmuştur. Bu araştırmadaki ilk bölümde 1x1km ölçekte toprak yüzey ısisının yıllık ortalaması (iklim verisi), NDVI (vejetasyon) verisinin yıllık ortalaması, DEM (yükseklik ve yüzey analizleri) ve nem/yağış indeksi (CTI) verileri yüzey toprağının organik madde içeriğini tahmin etmekte kullanılmıştır. Aynı araştırmanın yedinci bölümünde, arazi parametreleri olarak yükseklik, eğim derecesi, profil eğriliği (profile curvature), plan eğriliği (plan curvature), nem/yağış indeksi, eğim yönü ve uzaktan algılama parametreleri olarak hava fotoğrafının gri ton değerleri, hava fotoğrafının standart sapma ile filtrelenmiş haritası, vejetasyon verileri kullanılarak horizonların oluşumu ve kalınlığının dağılımının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu bölümde ayrıca Hengl (2004), uzaysal değişkenliklerinin belirlenmesine yönelik raster bazlı çalışmalarda, özellikle topraklar kısa mesafelerde çeşitlilik gösteriyorsa ideal piksel değerinin pedonun minimum genişliği (1m²) kadar olması gerektiğini ifade etmiştir. Eğer topraklar homojen bir dağılım gösteriyor ve daha yumuşak geçişler gösteriyorsa, daha geniş piksel aralıklarının mekânsal modelleme için yeterli olacağını ifade etmiştir. Ayrıca, toprakların uzaysal değişkenliklerinin tahmininde eşyükselti eğrileri gibi arazi verilerinin kullanılabileceğini, buradaki piksel aralığının en azından arazide en büyük değişikliği gösteren kontür aralığının yarısı kadar olması gerektiğini de ifade etmiştir.

Dobos vd (2006), sayısal haritalama çalışmaları için en çok kullanılan arazi parametrelerini; mutlak yükseklik (absolute elevation), göreceli yükseklik (relative elevation), eğim (slope), bakı (aspect), eğrilik (curvatures), eğim uzunluğu (length of slope), su kaynaklarından uzaklık (distance from waterway), en yakın su izinin ne kadar derinde olduğu (height above the closest waterway), potansiyel drenaj yoğunluğu (potential drainage density), kapsamlı arazi şekli (generic landform shapes), nem/yağış indeksi (wetness index or CTI), akarsu gücü indeksi (stream power index), tahmini drenaj indeksi

(drainage proximity index, DPI), akış indeksi (accumulated flow index, AFI), çökelti taşıma kapasitesi indeksi (sediment transport capacity index), gelen güneş ışıını (incoming solar radiation), güneş ışıını saatleri (solar radiation hours) ve rüzgar oranı (relative wind exposition) olarak bildirmişlerdir.

Carre ve McBratney (2005), sayısal ‘terron’ haritalama olarak adlandırdıkları çalışmaları ile sayısal toprak haritalama literatürüne arazi şeklinin sadece interpolasyon desteğinde kullanılan bir değişken olmayıp ayrıca taksonomik bir değişken olarak da kullanıldığı yeni bir model kavramı sunmaktadırlar. Bu modelde ilk olarak fuzzy k-means sınıflama algoritması kullanılarak toprak sınıfları arazi şekli tablosal verileriyle sınıflandırılmakta, daha sonra multilineer regresyon kullanılarak terron-arazi şekli kuralları konulmakta ve bu kurallar regresyon krigleme tekniği kullanılarak interpolate edilmektedir. Araştırmacılar, bu modeli ve Fransa toprak verisi kullanılarak hazırlanan toprak haritasını, geleneksel yöntemle hazırlanmış toprak haritası ile kıyaslandıklarında, terron haritanın daha fazla arazi şekli temelli olduğu ve model hatasının daha küçük olduğunu tespit etmişlerdir.

Bui (2004), toprak uzmanının toprak haritası lejandı ve haritanın kendisini hazırlamakta kullandığı kavramsal ve zihinsel prosesleri ve ilişkileri tanımladığı çalışmasında toprak araştırmasının bir çeşit ‘bilgi sistemi’ olduğunu ve toprak uzmanının toprak haritasını hazırlarken kendiliğinden kullandığı deneyim ve eğitime bağlı bilgi birikiminin bilişsel adımlarını formülize edilebileceğini ifade etmektedir.

Carre vd (2007), sayısal toprak haritalamanın maliyet avantajı, veri uyumu ve dökümantasyon avantajlarının yanı sıra yeni veriler eklendiğinde kolayca güncellenebilmesi gibi avantajları da olduğunu belirtmişlerdir. En büyük avantajını ise tahmin edilen çıktılar için belirsizliklerin ortadan kaldırılması başarısını, hata yayılım takibini bütün süreç boyunca gerçekleştirerek göstermesi olarak tanımlamışlardır.

Hengl ve Reuter (2009), jeomorfometri kavramları, yazılımları ve uygulamalarını anlattıkları kitaplarında günümüzde jeomorfometri araştırmalarında kullanılan çeşitli

yazılımların (ESRI, SAGA, ILWIS, LandSerf, MicroDEM, TAS GIS, GRASS GIS, River Tools) avantajları ve dezavantajlarını incelemişlerdir.

Olaya (2009), çalışmasında eğim, bakı, plan eğriliği, profil eğriliği, güneşlenme ve pürüzlülük gibi arazi-yüzey parametrelerini detaylı çalışmalarda kullanılan ana parametreler olarak tanımlamış; eğim verisinin akış miktarını, bakının akış-çizgisel yönünü, plan eğrilinin birincil birikim mekanizmasını, profil eğriliğinin ikincil birikim mekanizmasını ve pürüzlülüğün arazi kompleksliliğini tanımladığını ifade etmiştir.

Dobos ve Hengl (2009), çalışmalarında kum, silt, kil içeriği, pH, toprak organik madde içeriği, vb. gibi birincil toprak değişkenlerinin diğer değişkenlerden elde edilemeyen değişkenler olduğunu; ikincil toprak değişkenlerinin ise, toprak strüktürü, kompaksiyon ya da tamponlama kapasitesi gibi bir yada daha çok birincil toprak değişkeninden tahmin edilebilir değişkenler olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada sayısal toprak haritalama sistematığının, DEM parametrelerini de içeren çok sayıda öngörücünün (predictor) istatistiksel araçlarla kombinasyonu şeklinde kullanımına dayandığı da ifade edilmektedir. Ayrıca araştırmacılar, sayısal toprak haritalama çalışmalarının %80'inde DEM en önemli veri kaynağı olarak kullanılmakta olduğu ve DEM parametrelerinin en çok, var olan toprak haritalarının güncelleştirilmesinde, toprak-çevre birimlerinin elde edilmesinde, mekânsal tahmin ve yeni örnekleme dizaynında kullanıldığını bildirmişlerdir.

Rogowski ve Wolf (1994), konumsal değişikliklerin ve dağılımlarının coğrafi bilgi sistemleriyle birleştirilerek haritalama ünitelerinin oluşturulmasında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bourgault vd (1997), gerçek veri setleri kullanarak modern jeoistatistiğin toprak etüt problemlerinin çözümüne uygulanma potansiyelini araştırmışlardır. Yedi farklı toprak tipi içeren yaklaşık 15 dekar alandan dikey ve yatay olmak üzere toplam 2385 ölçüm yapmışlardır. Elektriksel iletkenlik dağılım haritasını yapmak için basit krigleme, basit co-krigleme ve olabilirlik arazi tahminleri olmak üzere üç farklı yöntem izlemişlerdir.

Büyük ölçüde konumsal değişikliğin olduğu yerler, arazi kullanımı, toprak tipi veya litolojinin değişimi ile ilişkilidir. Arazi kullanımı, toprak veya jeoloji gibi ikincil kategorideki bilgiler, çalışma alanı katmanlarını tanımlamak için kullanılabilirler (Voltz ve Webster 1990, Van Meirvenne vd 1994, Stein vd 1998).

Ovalles ve Collins (1988), kuzey-batı Florida'da istatistiksel olarak seçilmiş bazı toprak özelliklerinin konumsal değişikliklerini jeostatistik kullanarak araştırmak, fizyografya ile ilişkili toprak özelliklerinin nasıl değişiklik gösterdiğini ve örnekleme yoğunluğunun artış göstermesi gereken alanları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada toprakların kum, kil ve organik karbon içeriklerinin yarıvaryogramlarının yönler göre değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Toprak özelliklerinin krigleme verileri ile standart hata diyagramları Florida'da beş fizyografik bölgeyle ilişkili bulunmuştur. Araştırmacılar bu diyagramın değişiklik göstermesinin, farklı topoğrafya, jeoloji ve arazi kullanımı nedeniyle olabileceğini bildirmişlerdir.

Toprak etüd haritalarının başarısı çalışmanın detay derecesine bağlı olarak haritada verilen bilgilerin doğruluğu, çalışma için harcanan zamanın ve maliyetin azlığı ile ölçülmektedir. Uzaktan algılama bilim ve tekniğinin toprak etüd ve haritalama çalışmalarında kullanılmasına başlanmasıyla çalışma için harcanan zaman ve maliyet önemli ölçüde azalmış ve aynı zamanda toprak haritalarındaki doğruluk derecelerini de artırmıştır (Westin ve Frazer 1973, Sarı vd 1986, Dinç ve Şenol 1997). Güney Dekota'da LANDSAT verileri ile yapılan yoklama (istikşafi) torak etüdları için harcanan gider hektara 2 sent olmuştur (Westin vd 1976, Dinç vd 1994).

İlk uydularla yapılan çalışmalarda bile, uydudan alınan veriler üzerinde yapılan yorumlarla alanda bulunan kireç taşı arazileri, kum taşları, aluviyal ve koluviyal araziler % 90-95 doğrulukla haritalanmıştır (Mathews vd 1973, Dinç vd 1994). Uydu teknolojilerindeki gelişme ile detaylı toprak haritalarının hazırlanmasındaki başarı daha da

artmış LANDSAT MSS verileri ile yapılan çalışma sonucu toprak seri sınırlarını % 93,3 doğrulukla saptanmıştır (Singh ve Dwivedi 1986, Dinç vd 1994, Başayığit vd 1999).

Akgül vd (1995), Atatürk Üniversitesi çiftliği topraklarında bünyeye ilişkin değişimin jeostatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi ve dağılım desenlerinin belirlenerek haritalanması amacıyla yaptıkları araştırma sonucunda, toprakların kil, kum ve çakıl miktarlarının dağılım paternlerinin topoğrafya ile belirgin bir ilişki gösterdiğini saptamışlardır.

Ülkemizde GAP alanı topraklarının sayısal uydu verileri yardımıyla temel toprak etüdları yapılması amacıyla arid bölgeler için geçerli yeni metotlar geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu çalışmalarda kontrolsüz sınıflama metodu ile % 0.5 eğimli yüzeyler bile ayırt edilmiştir (Dinç vd 1992). GAP alanında LANDSAT TM ile Adıyaman-Kahta sulama ovası topraklarının detaylı toprak etüd haritasını hazırlanmış, kontrolsüz sınıflama metodu ile yapılan bu çalışmada seri sınırları % 90 doğrulukla, eğim, taşlılık, tuzluluk, drenaj, üst toprak tekstürü ve drenaj fazları % 95 doğrulukla ayırt edilmiştir (Başayığit vd 1999).

Şenol ve Dinç (1986), Akdeniz Bölgesi'nde Topraksu tarafından tanımlanan ve 1938 eski Amerikan sınıflama sistemine göre sınıflandırılan, Antalya, Doğu Akdeniz, Seyhan ve Ceyhan havzası topraklarını inceleyerek her birini toprak taksonomisi ve FAO/UNESCO dünya toprak haritası lejantına göre yeniden sınıflandırmışlardır. Büyük toprak gruplarını temsilen profillerin toprak taksonomisine göre sınıflaması sonucu bu topraklar, Alfisol, Aridisol, Entisol, Histosol, Inceptisol, Mollisol ve Vertisol ordolarında toplanmış ve 19 büyük grup, 43 alt grup ayırdedilmiştir. FAO/UNESCO sınıflandırma sistemine göre ise 13 sınıf saptanmıştır.

Sarı vd (1986) Alfisol ve Inceptisol ordolarına ait profillerde, karstik toprakların oluşu, önemli fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri ve sınıflandırması üzerine yapılan çalışmada, 2 profilde başat olarak kaolinit kil mineralini sırasıyla smektit, illit ve vermikulit

kil mineralleri izlediğini diğer profilde ise başat kil mineralinin smektit olduğunu bulmuşlardır.

GAP bölgesi toprakları üzerinde olduğu ana materyallerin farklı olduğu 15 farklı seri karşılaştırılmış ve özellikle tekstür, kireç ve toprak rengine bağlı olarak yansıma değerleri arasında büyük ilişki belirlenmiştir (Öztekin vd 1999).

Akbaş ve Durak (2006), daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanmış bir arazide bazı toprak özelliklerinin arazideki değişkenliklerini tanımlayıcı istatistikler ve testler kullanarak incelemişlerdir. Tokat İli Meyvecilik Üretim İstasyonuna ait yaklaşık 32 ha'lık bir alanda yürütülen çalışmada, dört farklı haritalama ünitesini içine alan alandan 25 m grid örnekleme düzeniyle yüzey toprağından örnekler almışlardır. Varyasyon katsayısına bakarak bazı toprak özelliklerinin değişkenliklerini değerlendirdikleri çalışmada en yüksek değişkenlik organik madde, en düşük ise toprak pH'sı olarak bulunmuştur. Ayrıca incelenen toprak özelliklerine ait ortalama değerleri tüm alanda tahmin etmek için gereken örnek sayılarını belirleyen araştırmacılar, her özellik için farklı sayıda örneğin gerektiğini ve çalışma alanı için en çok örneğin en büyük varyasyon katsayısına sahip organik madde miktarını tahmin etmede (54 örnek), en düşük örnek sayısı ise 1 olarak tüm alandaki pH tahmininde bulunmuştur.

Carre vd (2007), geleneksel toprak etüd yöntemleri ile önceden hazırlanmış toprak örneklerinin kalitesini dijital toprak haritalamada kullanmak üzere arttırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Daha çok uzman kararına dayanan ve istatistiksel kriterlere dayanmayan geleneksel toprak örnekleme yöntemlerinin geliştirilmesi için LHS (Latin Hypercube Sampling) örnekleme yöntemini geliştiren araştırmacılar, bu yöntemi mevcut toprak verisinin kalitesini değerlendirip örneklenecek noktalar konusunda araştırmacıyı yönlendirmek için kullanmışlardır. Kullandıkları bu yeni yöntemle önceki örnekleme noktalarının sayısının 1/3'ü kadar nokta daha ekleyerek bütün çalışma alanı için toplam yoğunluğun standart sapmasının oldukça düştüğünü tespit etmişlerdir.

Lark vd (2006) yaptıkları çalışmada, toprak özelliklerinin tahmininde kullanılacak toprak değişkenlerinin seçiminde uzman önyargısının etkilerini düşürecek sayısal bir yöntem geliştirmişlerdir.

McBratney vd (2003) hazırladıkları geniş kapsamlı çalışmalarında, Jenny'nin 1941 yılında ortaya attığı toprak oluşturan faktörleri tanımladığı “scorpt” (soil= climate, organism, relief, parent material, time) kısaltmasının günümüzdeki devamı niteliğindeki “scorpan” (soil= climate, organism, relief, parent material, age, space-spatial position) yaklaşımına dayalı yapılan çalışmaları özetlemişlerdir. Bu alanda yapılan jeoistatistik temelli çalışmaların birçoğunu içeren ve bu çalışmalarda kullanılan toprak birimleri, hangi toprak değişkenlerinin kullanıldığı, tahmin modelleri, kullanılan faktörler (scorpan faktörlerinden hangileri), çalışma alanının mekansal kapsamı-büyüklüğü, toplanan örnek sayısı, grid aralıkları, çalışma ölçeği, yeri ve araştırmacılarının özetlendiği bu kapsamlı çalışmada son dönemde geliştirilen yeni algoritmalar ve uzaktan algılama teknolojilerine de yer verilmiştir.

Carre ve Girard (2002), Fransız toprak uzmanlarının ürettikleri toprak verilerini biraraya toplayacak bir veritabanı geliştirmek için bir metodoloji ortaya koydukları çalışmalarında benzer arazi yüzeyi, ana materyal ve bitki örtüsü gibi çevresel faktörlerin şekillendirdikleri toprakların özelliklerini ortaya çıkaracak bir sayısal yöntem geliştirmeye çalışmışlardır. Genel olarak dört basamaktan oluşan bu yöntemde CBS ve uzaktan algılama teknolojileri etkin olarak kullanılmıştır.

Carre ve Jacobson (2009), çalışmalarında, geliştirmiş oldukları horizon karakteristiklerine dayalı toprak profilleri arasındaki taksonomik uzaklığı hesaplayan OSACA isimli programın detaylarını aktarmışlardır. Bu çalışmada profiller arası uzaklık pedolojik, faydacı (utilitarian) ve birleşim (joint) uzaklığı olarak üç farklı şekilde hesaplanabilmektedir.

Başkan (2004), hazırladığı doktora tezi ile Gölbaşı Özel Çevre Koruma alanı ve yakın çevresi topraklarında yaptığı 500x500m aralıklarla grid yüzey örnekleme ile elde ettiği noktasal verilerden blok krigleme yöntemiyle dağılım haritaları hesaplamış ve toprakların mühendislik-fiziksel özelliklerini incelemiştir. Bu çalışma ile silt dışında tüm toprak özelliklerinin topografya ile belirgin bir ilişki gösterdiğini ve araştırılan toprak özelliklerinin konumsal yapısı benzer özellikteki diğer alanlar için uygulanabilir nitelikte olduğunu ortaya koymuştur.

Ongun (2008), hazırladığı doktora tezi ile İzmir Menemen ilçesindeki 8,53 ha'lık bir alüvyal arazide bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzaysal değişkenliğini üst (0–30 cm) ve alt (30–60 cm) toprak katmanlarından grid yöntemiyle 50x50m aralıklarla aldığı toprak örnekleri kullanarak belirlemiştir. Bu çalışma sonucunda üst toprak katmanı için ortalama etki değeri 168 m, alt toprak katmanı için ise 169 m olduğu bulunmuştur.

Aşkın (2002), hazırladığı doktora tezi ile Samsun, Karaköy Tarım İşletmesinde yaklaşık 1,35 ha arazide, aynı hat üzerinde olmak şartıyla üç farklı topografik pozisyona (tepe, yamaç ve teras) sahip bir merada, toprak aşınabilirliğini bazı toprak özellikleri yardımıyla ortaya koymuştur. Araştırma alanı topraklarının tamamına yakın bir kısmının strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütlerine göre erozyona karşı dayanıklı olarak nitelendirildiği çalışmada söz konusu dayanıklılığa ilişkin parametrelere ait semivariogramların yaklaşık 124 m etki aralığına sahip bir mesafede uzaysal bağımlılık sergilediği ortaya koyulmuştur.

Yetgin (2004), hazırladığı yüksek lisans tezi ile yaklaşık 3 ha'lık bir alanda bazı toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğini jeostatistiksel yöntemlerle belirlemiş ve kriging interpolasyon yönteminin toprak özelliklerinin dağılımının haritalandırılmasında güvenle kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışmada bazı değişkenlere ait en uzun mesafeli bağımlılık 137,5 m, en kısa mesafeli bağımlılık 25 m olarak bulunmuştur.

Akbaş ve Yıldız (2004), yürüttükleri çalışma ile daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanmış bir arazide seçilen test alanında (400x800 m) yüzey toprağın bazı özelliklerinin değişiminin jeoistatistiksel teknikler (kriging interpolasyonu) yardımıyla haritalanması amaçlamışlardır. Bu amaçla çalışma alanına ait temel toprak haritasını sayısallaştırarak bilgisayar ortamına aktarmışlar ve araziden 25x25 m alınan örnekler ve temel toprak haritasını IKONOS uydu görüntüleri yardımıyla rektifiye etmişlerdir. Toprak zellikleri değişimini kriging tahmin metodu ile haritalandırmış ve toprak sınırları ile akıştırmışlardır. Haritalanan zelliklerin temel toprak haritası ile benzerlikleri ve bu haritalama tekniğinin ve toprak haritalarının CBS çalışmalarındaki kullanımda etkililiğinin tartışıldığı bu çalışma ile ayrıca toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde istenilen değişkenlere ait jeoistatistik yöntemlerle ile haritalar üretilebileceğine bir örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır. Bu alanda daha önce hazırlanan 1/2000 ölçekli toprak haritasının oldukça detaylı etüd çalışmaları ile üretilmesine rağmen harita birimlerinin çalışma alanındaki değişkenliği ortaya koymadığını tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak, yapılan literatür taramalarından, toprak bilimi alanındaki jeoistatistik uygulamalı çalışmaların büyük bir kısmının sadece yüzey toprağın bazı özelliklerinin değişkenlikleri ile ilgili olduğu, toprak profilinin derinlikleri ile ilgili yani gerçek bir etüt haritalama ya da pedometrik haritalama ile ilgili çalışmaların son derece sınırlı sayıda olduğu ve gerek jeoistatistik gerekse pedometrik yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların ise çok küçük alanlarda denendiği, büyük coğrafi alanlarda anlamlı arazi ve toprak değişkenliği gösteren alanlarda hiç bir çalışmanın yapılmamış olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, lkemiz genelinde örnek bir alan için tamamıyla sayısal ortamda jeoistatistik yöntemler kullanılarak yapılmış bir pedometrik toprak haritalama çalışması da tespit edilememiştir. Söz konusu bu tez çalışması ise bu güne kadar yapılmış olan çalışmaların aksine, oldukça geniş ve arazi ve toprak özellikleri yönünden de oldukça kompleks bir yapıya sahip bir alanda sadece yüzey özellikleri değil, toprak profilinin bütün derinliği (regolit) dikkate alınarak yapılmış olan bir ilk çalışma olması ve ayrıca bu konudaki bilimsel çalışmalara da bir yenilik getirmesi bakımından önem arzetmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Toprak haritalama için alternatif bir metodolojinin, modern teknik ve teknolojiler kullanılarak geliştirilmesinin amaçlandığı bu tez çalışmasında, çalışma alanı olarak Antalya İli Tekirova Beldesi seçilmiştir. Bu alan, 2008 yılında Sarı vd tarafından uzman inisiyatifi ağırlıklı olarak klasik yöntemlerle etüt edilip haritalanmış ve alanın arazi kullanım planlaması yapılmıştır. Bu alanın materyal olarak seçilmesinin gerekçesi ise yaklaşık 58 ha olan bu alanda, metot farklılaştırmasına olanak sağlayacak ölçüde farklı jeolojik ve jeomorfolojik ünitelerin ve seri-faz düzeyinde farklı toprak çeşitlerinin bir arada bulunmasıdır.

3.1.1. Araştırma alanının genel özellikleri

Tez çalışmasının yapıldığı Tekirova Beldesi (Şekil 3.1), Antalya il merkezinin batısında, 36° 30' 03'' ve 36° 29' 31'' kuzey enlemleri ile 30° 30' 52'' ve 30° 31' 24'' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Toplam alanı 58 ha olan çalışma alanı Antalya kent merkezine 60 km, Kemer ilçe merkezine 17 km uzaklıktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu

3.1.1.1. Mevcut altyapı ve ulaşım

Antalya kent merkezine 60 km, Kemer ilçe merkezine 17 km uzaklıkta olan Tekirova Belediyesi, Karayolları 13. Bölgesine bağlı Antalya-Kumluca D-400 karayolu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3.2). Tekirova Belediyesinin 2365 m’lik bir rakımda yer alan Tahtalı Dağı’ndaki teleferik tesisi ve Phaselis antik kentinin hemen yanında yer alması ve belde ve

yakın çevresinin de Güney Antalya Turizm Gelişme Bölgesi içerisinde bulunması sebebiyle şehirlerarası ulaşım açısından hemen hemen hiçbir sorunu yoktur.



Şekil 3.2. Tekirova Belediyesi Ana Ulaşım Bağlantısı

Beldenin kent içi altyapı ve ulaşım olanakları da oldukça gelişmiştir. Bu durumun gerçekleşmesinin temel nedeni; bu beldenin, planlama çalışmalarına 1974 yılında başlanan ve planlama-programlama-finance ve uygulama süreçleri bir proje bütünü olarak ele alınan ve otoritelere göre de Türkiye'nin en önemli bütünlük turizm gelişim projesi olma özelliğini taşıyan "Güney Antalya Turizm Gelişim Projesi" (GATAB) bünyesindeki bir Belediye oluşudur. Dolayısıyla Tekirova belediyesi, bu projede yer alan diğer ilçe ve beldelerle birlikte; yüksek kaliteli alt yapı hizmetleri (yol, su, elektrik, haberleşme, katı atık toplama ve imha, kanalizasyon ve kullanılmış su arıtma, yat limanı vb), sağlık hizmetleri ve hatta tarımsal üretimi arttırmak üzere kimi alanlardaki sulama sistemleri de dahil olmak üzere birçok alanda gelişmiş altyapı olanaklarına sahip olabilmektedir. Bu nedenle Antalya İli'nin diğer bazı turizm bölgelerinde görülen altyapı problemleri, Tekirova beldesinde yaşanmamaktadır.

GATAB projesi kapsamında 1974–1976 yılları arasında; projenin tanımı, ekonomik ve mali fizibilitesi, uygulanması için gerçekleştirilecek örgütlenme, üst yapı yatırımlarına uygulanacak özendirmeler ve 1/25.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı'nın yanı sıra Kemer, Çamyuva ve Tekirova yerleşmelerinin Nazım İmar Planı taslakları ve proje bileşeni durumundaki alt yapıların ön teknik tasarımlarına ilişkin gerekli işlemler tamamlanmış ve 1978 yılı itibariyle kamulaştırma işlemleri tamamlanan Kemer, Çamyuva ve Tekirova merkez yerleşmelerinin nazım imar planları ve imar uygulama planları da hazırlanarak yürürlüğe konulmuştur.

Tekirova Belediyesi yetki alanı içerisindeki yerleşim dokusu ve ulaşım olanaklarına bakıldığında, belde içerisinden akmakta olan dere boyunca ve dereye paralel ana bir aks ve yeşil alan düzenlemesi ile bu aks boyunca geliştirilmiş ticaret alanları dışında oldukça düzenli bir konut alanı gelişimi görülmektedir. Alanın ortasından geçen dereyi kesen ve kuzey ile güney arasında geçiş sağlayan bir köprü bulunmaktadır. Söz konusu bu yeşil aks ve kıyısındaki iş yerlerinin hemen batı, kuzey ve kuzeybatı arkaları ise konut için planlanmış olup, bu alanlarda kentsel yerleşim için iyi uygulanmış bir kat sınırlaması uygulaması da dikkati çekmektedir. Yerleşim merkezi olarak nitelendirilecek bölgede ise çeşitli lokanta, ticaret ve eğlence alanları yer almaktadır ve yerleşim adaları arasında ve ayrıca kıyıdaki otellere de hizmet götüren iç yollar da düzenli ve kalitelidir. Bununla birlikte, imar planı yapılmamış olan ve çoğunluğu dikili tarım-narenciye bahçesi olan çalışma alanında belirgin yol izleri bulunmamaktadır (Şekil 3.3). Bu bölgede var olan yollar ise düşük kaliteli stabilize ve toprak yol niteliğindeki ara yollardır. Merkez yerleşim dışında tarımın yapıldığı kırsal iç bölgelerde kompakt bir yerleşim izi görülmemekte ancak yine de dağınık yerleşim lekeleri mevcut bulunmaktadır. Çalışma alanı sınırları içerisinde ayrıca büyük bir arıtma tesisi de işler halde bulunmaktadır.

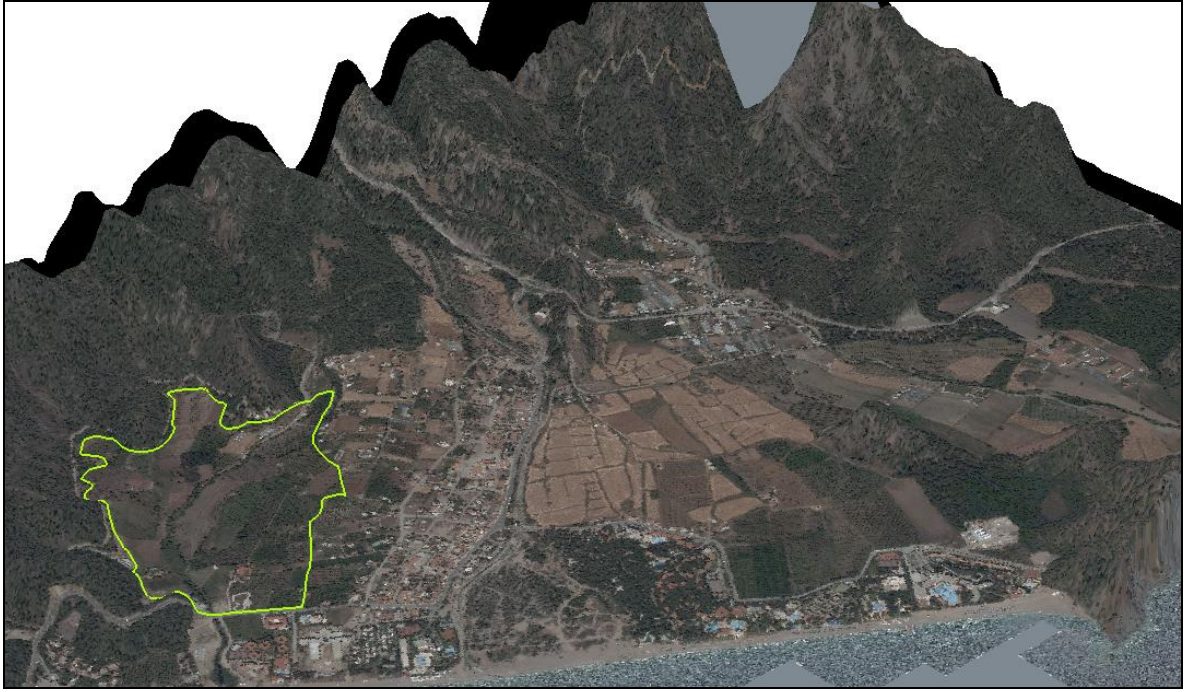


Şekil 3.3. Tekirova Merkez ve Güneyindeki Çalışma Alanının Yerleşim ve Ulaşım Olanakları

3.1.1.2. Antalya ili içerisindeki önemi

Antalya'nın diğer pek çok yerleşkesinin aksine Tekirova Beldesi, Kemer ilçesinin 1970'li yılların başında planlı turizme geçmesi olgusundan önemli ölçüde etkilenmiş ve bunun bir sonucu olarak Tekirova beldesinin sosyo-ekonomik gelişimi de ağırlıklı olarak turizme yönelmiş bulunmaktadır. Turizm sektörünün bu alana getirdiği hareketlilik ve farklılıklar ile birlikte hızla değişen sosyo-ekonomik yapıya bağlı olarak yöre insanlarının çok büyük bir bölümünün iş ve çalışma alanları, kırsaldan kentsel ve turizm içerikli faaliyetlere dönüşmüştür. Söz konusu bu değişiminin en önemli nedeni ise turizm sektörü kazançlarının tarım sektörü kazançlarından fazla olmasıdır.

Bununla birlikte doğu ve güneydoğusu deniz ve tatil köyleri, kuzeyi kentsel yerleşim ve batı ve güneyinin orman kullanımı ile çevrili olan (şekil 3.4) ve alansal genişliği sadece 58 ha olan çalışma alanında tarımsal faaliyetler yürütülmektedir. Söz konusu alanın normal tarımsal işletmecilik anlayışı kapsamında değerlendirildiğinde küçük bir çiftlik arazisi kadar olduğu bir gerçektir. Ancak yine de bu alanda onlarca arazi sahibi çok küçük parsellerde de olsa üretim yapmaya çalışmaya devam etmektedirler. Yer yer bakımsız ve boş arazilerin de rastlandığı çalışma alanı tüm problemlerine rağmen, ender ekolojik özellikleri ve doğal dokusu ile yörede hala önemini korumakta olan bir yöre vafındadır.



şekil 3.4. Çalışma alanının konumu

Tekirova, gerek sahip olduğu özel ekolojik bileşenleri ve gerekse alüviyal- koluviyal nitelikli arazileri ve onlar üzerinde gelişmiş olan toprakları ile yakın bir geçmişe kadar yörenin alansal genişliği az ancak önemli bir narenciye üretim yöresi iken bu gün, turizm

ve ticaretin hakim olduğu yeni bir sosyo-ekonomik yaşam şekline dönüşmeye başlamış bir yöre konumundadır. Tüm bunlara rağmen yöre, halen var olan sınırlı miktardaki tarımsal alanları ile birlikte bölgedeki Akdeniz ikliminin ortaya çıkardığı üstün ekolojik özellikler bakımından, dikili tarım ve örtüaltı üretimi olarak tanımlanan tarımsal uygulamalar için son derece önemli bir merkez konumundadır. Özellikle, arazilerinin önemli bir kısmının düz ve düze yakın olması ve özellikle dikili tarım açısından son derece önemli olan ilkbahar geç ve sonbahar ilk donlarının bu yörede hemen hemen hiç görülmemesi büyük bir ekolojik üstünlüktür. Ancak, çalışma alanındaki kentsel yerleşmeler ile turizme hizmet amacıyla tesis edilmiş olan yapılaşmaların, hemen hemen hiçbir ekolojik, ekonomik ve idari eşik ayrımı olmaksızın tarım alanları ile doğrudan bir komşuluk ilişkisi içerisinde yan yana bulunması, gerek tarım alanları ve gerekse tarım çalışanları üzerinde ciddi olumsuz baskıların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu da hem alan ve hem de çalışan kayıpları ile tarım sektörünü yok olmanın eşiğine getirmiş bulunmaktadır.

3.1.1.3. İklim

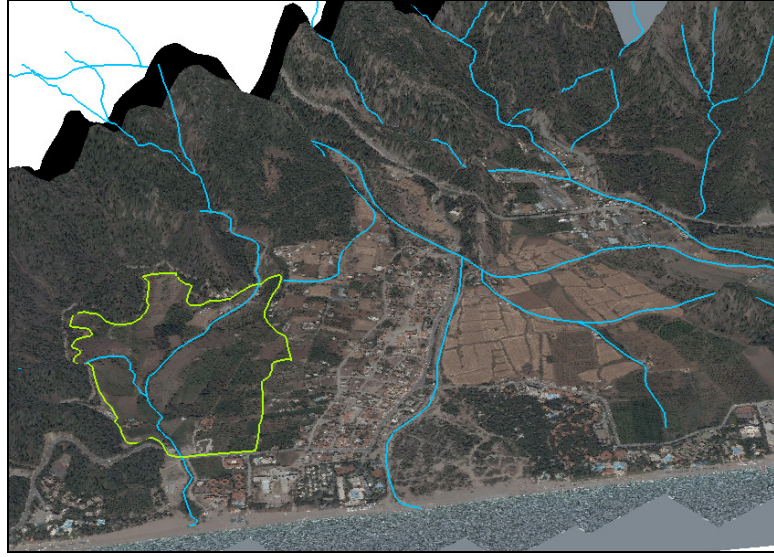
Çalışma alanı, Antalya havzasının sahil kesimindeki tipik Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Bu kuşakta yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. İçerisinde çalışma alanının da yer aldığı havzadaki ortalama yıllık yağış 1052 mm olup bu yağış çoğunlukla ilkbahar ve kış mevsimlerinde düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 18,5°C olan alanda, uzun yılların ortalamalarına göre en yüksek sıcaklık Temmuz ayında ve 28,2° C, en düşük sıcaklık ise Ocak ayında ve 9,9° C' dir. En fazla yağış Aralık ve Ocak aylarındadır. Çalışma alanında yıllık toplam su eksiği yaklaşık 900 mm olup bu eksiklik Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Çalışma alanının rutubet rejimi Xeric, sıcaklık rejimi de Thermic olarak belirlenmiştir.

3.1.2.Araştırma Alanının Arazi ve Toprak Özellikleri

3.1.2.1. Alanın Jeolojik ve Jeomorfolojik Yapısı

Tekirova beldesi ve yakın çevresinde yapılan jeolojik çalışmalar ile hazırlanan jeolojik etüt raporuna göre (2007) ; Kretase ve Quaterner'e ait jeolojik birimler (Antalya Traverteni (Qa), Alüvyon birim (Qal) ve Yamaç Molozu (Qym)) gözlenmektedir (Şekil 3.5). Çalışma alanının büyük bir kısmında alüvyonel birim yüzeyletiğinden eğim yataya yakındır. Aluviyal olmayan kısımlarda ise topoğrafya sarplaşmakta ve eğim değişmektedir. Genelde morfolojik olarak düzgün bir yapıya sahiptir.

Şekil 3.5. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeolojik yapısı



Şekil 3.6. Çalışma alanına etkisi olan aktif ve pasif dereler ve dere yatakları

Tekirova beldesinin ortasından geçen Tekirova Deresi, aluviyal birimin oluşumunda en önemli etkindir. Beldenin doğusunda Karaçay deresi, batısında ise Kocaçay deresi bulunmaktadır (Şekil 3.6). Bunlar kendi yataklarında mevsimsel akışkanlık gösterirler. Tekirova deresi akış profiline göre değerlendirildiğinde, yüksek enerji ortamının etkisinde iri taneli malzeme taşıyıp depolamıştır. İçerisinde ince taneli malzeme (kum) yok denecek kadar azdır. Taneleri çok iyi yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmış olan malzemenin blok çapı doğudan batıya doğru artmaktadır. Beldenin doğu kısmında, denize yakın olan bölgelerde aluviyal malzemede kum miktarı artmaktadır. Aluviyal birimi oluşturan malzemenin kaynağı, çevrede sarp topografyayı oluşturan kireçtaşları ve ofiyolit kayalardır (Anonim 2007).

Sarı vd (2008) tarafından hazırlanan Tekirova Beldesi Arazi Yönetim Planı'na göre; İçerisinde Tekirova beldesi arazilerinin de bulunduğu Antalya ilinin jeolojik yapısı ve jeolojik kronolojisi yöreden yöreye büyük farklılıklar göstermekle birlikte, Mesozoik ve Miosen yaşlı kireçtaşları, marnlar ve metamorfik şist ve gnayslar ile Quaterner dönemin akarsu birikintileri ilin genel jeolojik formasyonlarını oluşturmaktadır. Bu genel yaklaşım içerisinde çalışma alanının toprak oluşumu ve toprak özellikleri açısından anlamlı olan en

üst jeolojik birimlerini ise ağırlıklı olarak Miosen yaşlı kireçtaşları ve metamorfik şistler ile birlikte Quaterner dönemin aluviyal yelpazeleri ve koluviyal depositleri olan sedimentler oluşturmaktadır.

Yukarıdaki bu açıklamalar kapsamında gerek hava fotoğraflarının stereoskopik yorumu ve gerekse arazide yapılan incelemeler neticesinde, çalışma alanının arazi ve toprak özelliklerinin ortaya çıkmasında etkili olan üç farklı jeomorfolojik sürecin yaşandığı belirlenmiştir.

Söz konusu bu üç süreçten ilki, muhtemelen Miyosen dönemdeki kıta çarpışmalarının (Afrika kıyasının Avrasya kıtasına çarpması) aktif olarak yaşandığı bir yöre olan Tekirova yöresinde, bu çarpışmaya bağlı olarak dağlık alan ve ana yükselti sistemlerinin oluşması ve bu dağlık-yüksek alanlardaki jeolojik yapıların da çarpışma ile ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınçla metamorfizmaya uğraması sürecidir. Bu süreç sonunda, diğer benzer komşu (Kemer, Göynük, Beldibi gibi) alanlarda da olduğu gibi Tekirova yöresini hemen hemen üç tarafından kuşatmış vaziyette bulunan yüksek dağlık araziler oluşmuştur (Şekil 3.7). Söz konusu bu yüksek arazilerin büyük çoğunluğu ise kireççe fakir şistik kayaç formasyonları şeklinde olup yer yer gnays ve kısmen de kireçtaşı alanları dikkati çekmektedir. Bu jeolojik yapılara ilaveten yörenin bir diğer önemli bileşeni ise derin deniz jeomorfolojisine sahip olan radyolarit çökelleridir. Yöredeki kırmızımsı renkli koluviyal toprakların oluşumundan birinci derecede sorumlu olan bu radyolarit çökelleri, gerek doğu ve gerekse batı Akdeniz kıyılarındaki toprakların genetiği açısından araştırılması gereken bir durum arz etmektedir (Sarı vd 2008).

Çalışma alanının arazi yapısının oluşumu ve yer şekillerinin gelişimi bakımından anlamlı olan ikinci süreç ise muhtemelen Miosen metamorfizmasını takip eden devre olan Quaternerdeki Kütle Hareketi (mass movement) jeomorfolojisidir. Bu devrede ise daha önceki dönemde oluşmuş bulunan yüksek araziler, yine o devre içerisinde gerçekleşmiş olan deniz seviyesindeki düşüşlere ve ayrıca önemli tektonik hareketlere bağlı olarak kendilerine yeni yataklar oluşturan çeşitli akarsular ve yandereler tarafından aşındırılmaya

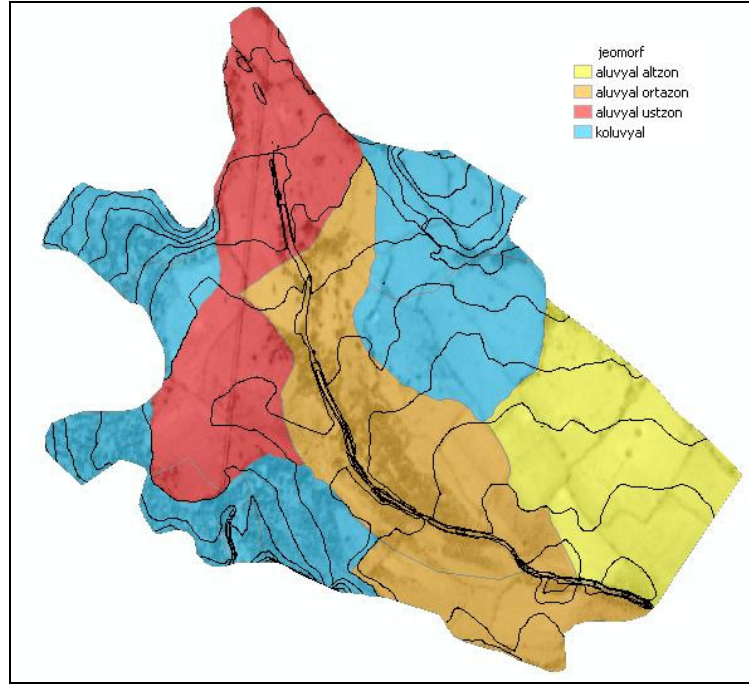
başlanmıştır. Söz konusu bu aşınım olayları, yüksek araziler üzerinde oluşmuş bulunan toprakların (Kırmızı Akdeniz, Kahverengi Orman, Kireçsiz Kahverengi Orman topraklarının) gerek kütle hareketleri şeklinde ve gerekse akarsu taşkınları ile çalışma alanında depolanması olayları ile sonuçlanmıştır. Bu depolanma olaylarında öncelikli olarak çalışma alanını üç yönden çevreleyen ve ağırlıklı olarak da şistik ve radyolarit kökenli materyallerce zengin olan yüksek arazilerdeki topraklı-taşlı yapıların, bu yüksek arazilerin hemen eteklerindeki depolanmaları ile alandaki koluviyal arazilerin oluşumu gerçekleşmiştir. Bu koluviyal araziler, çalışma alanının ağırlıklı olarak yüksek arazilerin hemen eteklerinde yer yer düz ve düze yakın ve yer yer de hafif-orta eğimli alanlarda konuşlanmış olan arazilerdir (Sarı vd 2008).

Alandaki temel arazi yapısının oluşumu ve yer şekillerinin gelişimi bakımından anlamlı olan üçüncü süreç ise Quternerdeki Kütle Hareketlerini takip eden bir sonraki devredeki akarsu jeomorfolojisi (fluvial processes)'dir. Söz konusu bu jeomorfolojik olayla çalışma alanının koluviyal arazileri, yörenin batı-kuzeybatı yönlerinden gelerek denize ulaşan iki farklı akarsu tarafından yarılmış ve bu akarsular tarafından getirilen aluviyal malzemeler (taş, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki materyaller), alandaki koluviyal arazilerin yükseltileri düşük olan (çalışma alanının orta kesimleri) kısımlarının üzerine depolanmıştır. Aluviyal Yalpaze nitelikli olan bu jeomorfolojik işlemin neticesinde ise çalışma alanında farklı toprak serilerinin oluşumu gerçekleşmiştir. Söz konusu bu toprak serileri, çalışma alanını batı-doğu istikametinde kesen akarsuyun sağ ve sol yanlarındaki orta ve orta kaba bünyeli materyal depolanmasına bağlı olarak oluşmuş olan topraklardır. Diğer taraftan, özellikle çalışma alanının orta-batı yöreleri ise eski çukur topografyaları nedeniyle bir süre sığ bir göl tabanı niteliğine de sahip olmuştur. Bu gölsel sürecin bir sonucu olarak da bu bölgelerdeki toprakların profillerinde oksijensiz-indirgen ortamlarda organik madde birikimine olanak sağlanmış ve bu da toprakların diğer topraklara kıyasla daha koyu renkli olmalarını sağlamıştır. Buna karşılık bu yörenin sahip olduğu çukur topografya, bu bölge topraklarının yayılım gösterdiği alanlarda taban sularının da yüksek olmasına ve dolayısıyla bu topraklarda kısmen de olsa bir iç drenaj sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur (Sarı vd 2008).

Yukarıdaki tüm bu tespit ve açıklamalara göre bir genelleme yapıldığında, çalışma alanının yakın çevresi ile birlikte jeolojik ve jeomorfolojik yapısının ilki Miosen metamorfizmasının da katkı koyduğu kireçtaşı, şist, gnays ve radyolarit ağırlıklı materyallerden ibaret yüksek arazilerin oluşumu, ikincisi deniz seviyesindeki düşüşler ve tektonik hareketler neticesindeki Kütle Hareketlerine bağlı Miosen-Quaterner yaşlı Koluviyal arazilerin oluşumu ve nihayet üçüncüsü de Quaterner dönemin Fluviyal (akarsu) Hareketleri ile yöredeki Aluviyal Yelpazenin oluşumu olmak üzere üç farklı jeomorfolojik (fizyografik) üniteye sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının orta-batı kesimindeki dar bir alanın da gölsel oluşumdan etkilendiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.7. Çalışma alanı jeomorfolojik ünitelerinin alandaki konumu



Şekil 3.8. Çalışma alanı jeomorfolojik ünitelerinin durumu

3.1.2.2. Çalışma Alanının Arazi Kullanımları

Tekirova beldesindeki eski yerleşim yerleri ve birkaç istisna sera hariç tutulduğunda, gerek kentsel yerleşimin ve gerekse turizm sektörünün bu yöredeki başlangıcı ve gelişiminin çok yakın bir geçmişe sahip olduğu anlaşılabacaktır. Nitekim, Harita Genel Komutanlığı tarafından hazırlanmış olan 1:25.000 ölçekli ve 1967 tarihli hava fotoğraflarının stereoskopik değerlendirmesinin sonuçlarına göre bu alanın büyük çoğunluğunun (% 71) bu yıllarda yoğun olarak açık tarla tarımında kullanılmakta olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1, Şekil 3.9). Özellikle ciddi bir değişiklik yapılarak sosyo-ekonomik kalkınma modellerinin serbest piyasa ekonomisi kurallarına göre düzenlenmeye başlanıldığı yıllar olan 1983–1986 yılları arasında, çalışma alanının doğu ve güneyindeki Akdeniz kıyılarında uluslararası turizme hizmet verebilecek nitelik ve nicelikteki otel ve tatil köylerinin inşaatı ve faaliyete geçmeleri ile bu yöre, turizm ile tanışmıştır. Yıllar içerisinde gelişen iç ve dış turizm faaliyetlerinin giderek artan alan talepleri ile Tekirova yöresinin turizm aktiviteleri, sahilten iç kesimlere doğru yayılmıştır. Bu nedenle, 1960'lı

yıllarda Tekirova merkez yerleşkesi birkaç haneden oluşurken, bu gün için hızla gelişen ve büyüyen bir alan haline gelmiş bulunmaktadır. Alandaki kırsal amaçlı yerleşimler ise son derece dağınık olup özellikle seracılığın yapıldığı kuzey kesimlerde bir veya birkaç evden oluşan üniteler şeklindedir.

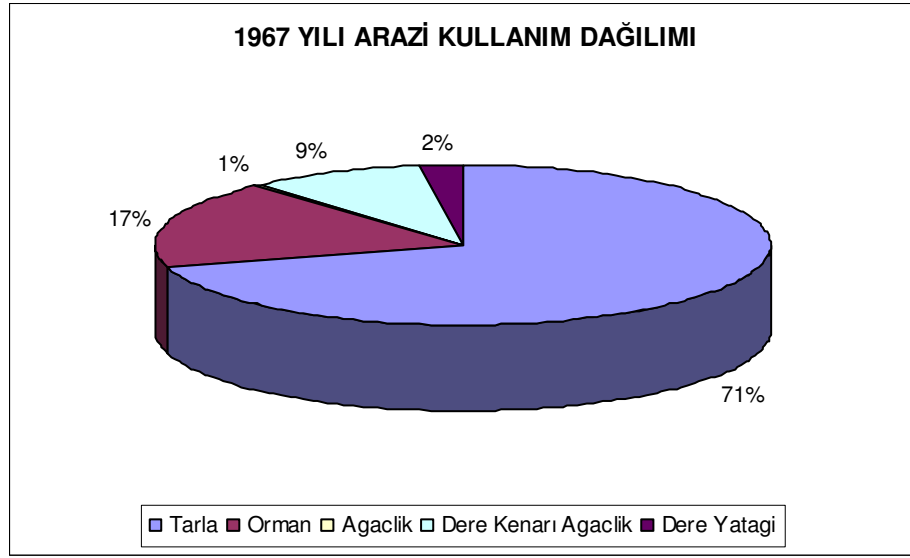
Hâlihazır tarımsal alan kullanımları kapsamında yörede ağırlıklı olarak dikili tarım arazileri yaygın olup geriye kalan sınırlı alanlarda da seracılık ve çok küçük birkaç alanda da açık tarla tarımı faaliyetleri dikkat çekmektedir. Tekirova beldesinin hâlihazır arazi kullanım durumu, 2004 tarihli ve 0,6 m yer ayırım gücüne sahip QuickBird uydu verileri ile 2006 yılı 1,0 m yer ayırım gücüne sahip IKONOS uydu verileri kullanılarak bilgisayar ortamında tespit edilmiş ve yapılan bu tespitler, Mayıs 2010 yılında yapılan saha çalışmaları ile revize edilmek suretiyle kesinleştirilmiştir. Bu kapsamda hazırlanmış olan Halihazır Arazi Kullanım haritası Şekil 3.11’de, kullanımların alansal dağılımları da Çizelge 3.2 ve Şekil 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanının 1967 yılı arazi kullanım durumu

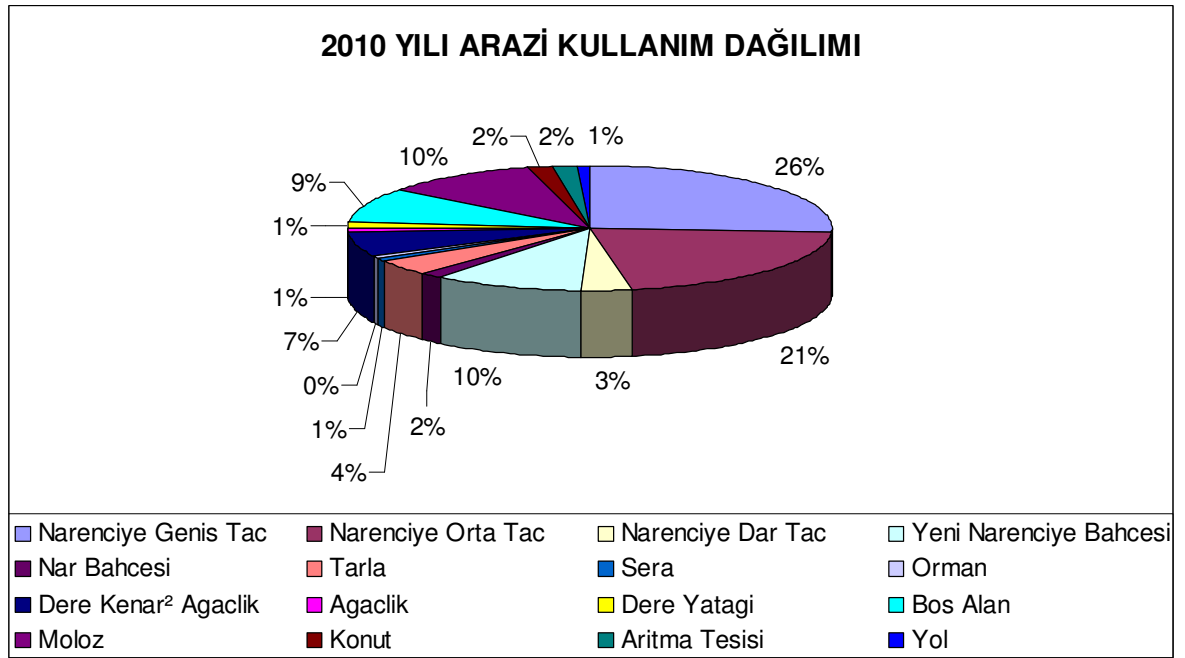
Arazi Kullanım Çeşidi	Alan (ha)
Tarla	40,81
Orman	10,05
Ağaçlık	0,38
Dere Kenarı Ağaçlık	5,3
Dere Yatağı	1,23
TOPLAM	57,7

Çizelge 3.2. Çalışma alanının 2010 yılı arazi kullanım durumu

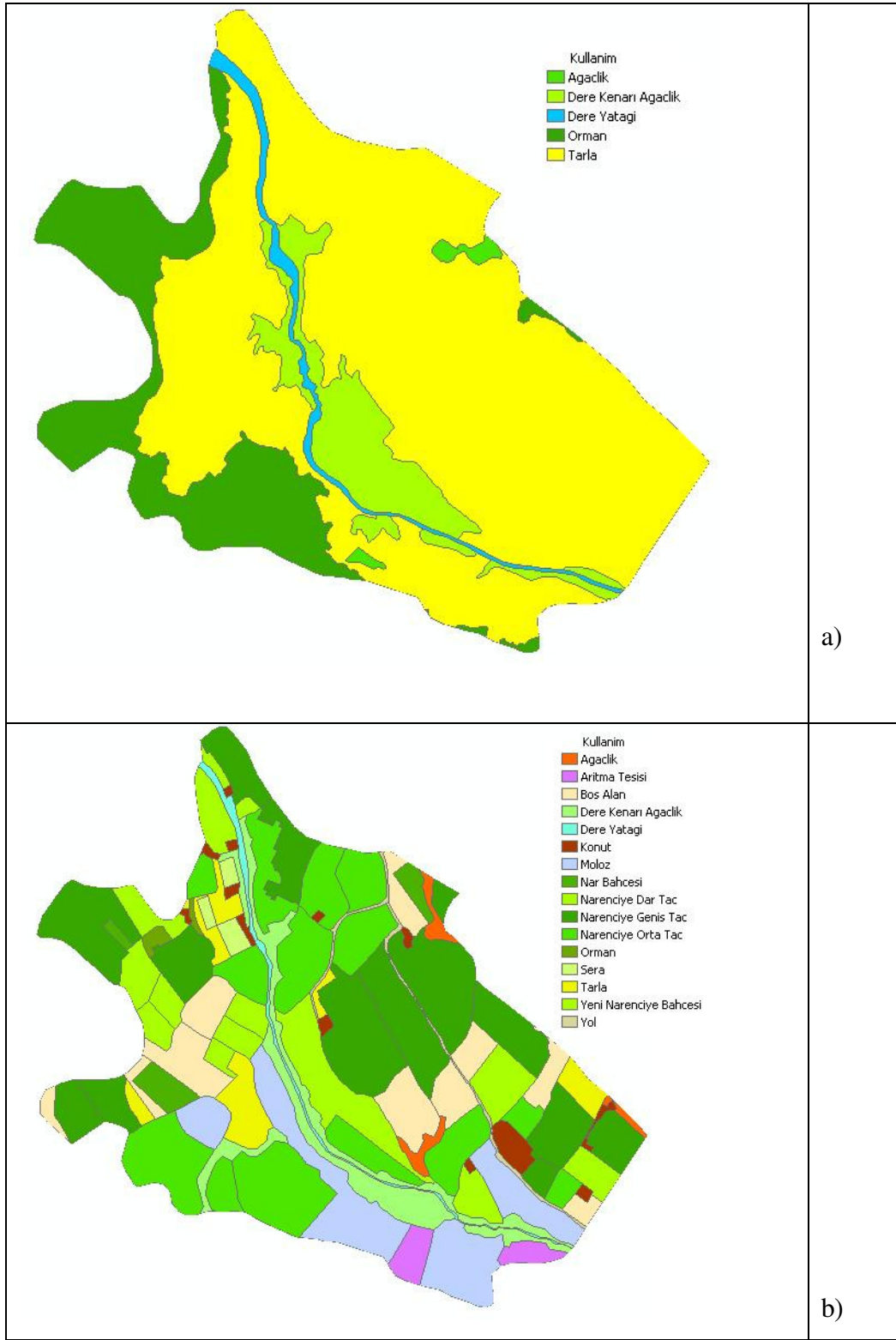
Arazi Kullanım Çeşidi	Alan (ha)
Narenciye Geniş Taç	15,05
Narenciye Orta Taç	12,18
Narenciye Dar Taç	1,87
Yeni Narenciye Bahçesi	5,84
Nar Bahçesi	0,96
Tarla	2,3
Sera	0,48
Orman	0,21
Dere Kenarı Ağaçlık	3,8
Ağaçlık	0,63
Dere Yatağı	0,68
Bos Alan	5,33
Moloz	5,94
Konut	1,03
Arıtma Tesis	0,92
Yol	0,48
TOPLAM	57,7



Şekil 3.9. Araştırma alanının 1967 yılı arazi kullanımının alansal dağılım grafiği



Şekil 3.10. Araştırma alanının 2010 yılı arazi kullanımının alansal dağılım grafiği



Şekil 3.11. Çalışma alanı arazi kullanımları a) 1967 yılı b) 2010 yılı

Çalışma alanında belirlenen ‘Boş Araziler’ (hâlihazırda kullanılmayan araziler) yaklaşık olarak 5.33 ha’lık bir alanı (tüm alanın yaklaşık %9’unu) kapsamaktadır. Ayrıca yakın bir geçmişte, gerek kentsel ve gerekse turizm amaçlı yapılaşmaların inşaat artıkları olan moloz ve yer yer de turizm tesislerinin bitkisel atıklarının döküldüğü ve yaklaşık 6 ha gibi büyük bir alan kaplayan bozulmuş alanların var olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu bu alanlarda hâlihazırda herhangi bir tarımsal üretim yapılmamaktadır.

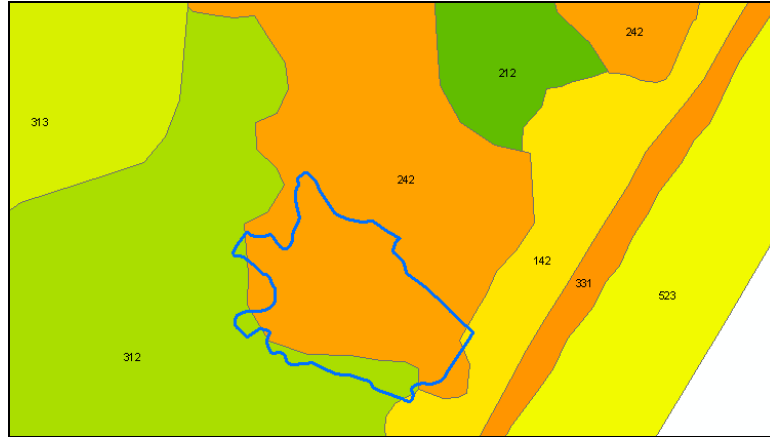
Çalışma alanının kuzeyinde tespiti yapılmış olan toplam 5 adet sera, yaklaşık 0,5 ha’lık bir alan kaplamakta olup bu seraların en büyüğü yaklaşık 2 dekarlık bir genişliğe sahip bulunmaktadır. Tamamı optimum işletme büyüklüklerinden yoksun olan söz konusu bu seraların alan içerisindeki dağılımları, konumları ve bu seraların tespit edilen teknik özellikleri dikkate alındığında, bu alanlarda kesinlikle modern bir örtüaltı üretiminin yapılamayacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Çalışma alanında yayılım gösteren dikili tarım arazilerinin ise alanda en geniş alan kullanım şekline sahip olduğu ve bu arazilerin, farklı büyüklüklerdeki parsellerden ibaret küçük işletmeler olduğu belirlenmiştir. Söz konusu bu arazi kullanım şekli ise alanda yaklaşık 36 ha’lık bir genişliğe sahip olup 32 adedi 1.0 ha’dan küçük ve 15 adedi 1–3 ha arasında olmak üzere toplam 47 adet bahçeden oluşmaktadır. Bu narenciye bahçelerinin, çalışma alanının arazi kullanımı ve tarım ekonomisi açısından önemli olan en büyük bileşeni olduğu saptanmıştır. Çalışma alanında tarla tarımı yapılan açık alanların genişliği de yaklaşık 2,3 ha’dır.

Tekirova beldesinin çekirdek yerleşkesi ile alandaki turizm-ikinci konut ve ticarethane yerleşkelerinin düzenli ve toplu halde bulunduğu imarlı alanlar, bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Bununla birlikte çalışma alanı içerisinde dağınık bir halde bulunan ve bir kısmı hâlihazırda kırsal ve bir kısmı da turizme hizmet vermekte olan yerleşkelerin bulunduğu da tespit edilmiş olup söz konusu bu yerleşkelerin alansal dağılımlarının ise yaklaşık 1 ha olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca alanda bir akarsuyun ve akarsu yatağı boyunca sağlı sollu yer alan ağaçlık alanların da yaklaşık 4,48 ha'lık bir alan kapladığı tespit edilmiştir. Tarla ve bahçeler arasındaki tali yolların da yaklaşık 0,48 ha, çalışma alanı sınırlarına giren Tekirova beldesi arıtma tesisi yönetim binalarının da yaklaşık 0,92 ha'lık bir alan kapladığı tespit edilmiştir.

1967 yılı hava fotoğraflarında görülen ve çalışma alanının kuzey-batı ve güney-batı taraflarında kalan geniş orman alanlarının 2006 yılı uydu görüntülerine bakıldığında dikili tarım alanlarına dönüştüğü görülmektedir. Aynı şekilde dere yatağı boyunca görülen ve geniş yer kaplayan ağaçlıkların da alansal olarak küçültülerek elde edilen yeni alanların dikili tarım yapılmak amacıyla kullanıldığı görülmektedir (Şekil 3.11a,b).



Şekil 3.12. Çalışma alanının CORINE arazi sınıflaması

Dünya Çevre Örgütü'nün tüm dünya ülkeleri için hazırladığı uluslar arası arazi sınıflama sistemi CORINE'in 2000 yılı için hazırladığı sınıflandırma haritasında çalışma alanının tamamına yakın kısmı 242 kodlu 'karışık tarım alanları' olarak görülmektedir (Şekil 3.12). Küçük bir kısım alan 312 kodlu 'İğne yapraklı orman' görülürken, çok küçük bir kısım alan da sınıflamada 142 kodlu 'spor ve eğlence alanları' olan yapay yüzey olarak görülmektedir.

3.1.2.3. Araştırma alanı topraklarının özellikleri

Sarı vd'nin (2008) hazırladığı Tekirova Beldesi Arazi Yönetim Planı çerçevesinde yapılmış olan çalışma raporuna göre araştırma alanında, bölüm 3.1.2.2'de alandaki aktiviteleri açıklanan jeomorfolojik proseslerin ortaya çıkardığı yer şekillerinden; kütle hareketleri fizyografyadaki koluvial oluşumun allokton ana materyali üzerinde 'Büngöldeyik' ve 'Zambaklı' olarak tanımlanmış olan iki farklı toprak serisi ile birlikte, fluvial nitelikli fizyografyadaki aluvial yelpaze ünitesinin sırasıyla üst, orta ve alt zonlarının allakton ana materyali üzerinde oluşmuş bulunan ve yine sırasıyla 'Çayırbaşı, Kumtarla ve Yumruçakıl' olarak tanımlanmış ve isimlendirilmiş olan toprak serileri gelişmiş bulunmaktadır. Söz konusu bu toprak serilerine ait detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Koluvial topraklar, çalışma alanının jeolojik süreçleri içerisinde, çevredeki yüksek araziler üzerindeki topraklaşmış materyallerin yağışlı devrelerde sulu eriyikler halinde eğimler boyunca hareket edip yüksek arazilerin eteklerinde biriktirilmesi ile oluşmuş araziler üzerinde gelişmiştir. Bu topraklar, kaynağını Batı Toroslardan alan dönemsel farklı yüzey akışları ile veya çok küçük yan dereler yoluyla ve çok kısa mesafelerden taşınarak getirilen yeryüzü materyallerinden ibaret olduklarından, heterojen bir profil dizilimine sahiptirler.

Koluvial topraklar, jeomorfolojik oluşumları itibarıyla aluvial topraklara benzemekle birlikte aluviallardan farklı olarak, aluvial yelpazelere kıyasla daha fazla bir eğime sahiptirler ve bu eğim, koluvial materyallerin taşınıp getirildiği yöne doğru da sürekli bir artış göstermektedir. Drenajları her zaman iyidir ve tuzluluk sorunları bulunmamaktadır. Bu haliyle genel oluşum sistemi ve özellikleri açıklanmış olan bu topraklar, çalışma alanının güneyi, kuzeyi ve batısında bulunan yüksek arazilerin eteklerinde yayılım göstermektedir. Oluşumlarında etkili olan jeomorfolojik güçlerin niteliklerine bağlı olarak bir kısmı (daha uzak mesafelerden ve kısmen daha aktif yan derelerce oluşturulanlar) orta-ince ve ince

tekstürlüdür. Alanda, koluviyal olarak tanımlanmış olan araziler üzerinde oluşan ve Sarı vd'nin (2008) hazırlamış olduğu toprak koruma planında Büngüldeyik (Çizelge 3.3, Şekil 3.13) ve Zambaklı (Çizelge 3.4, Şekil 3.14) olarak isimlendirilmiş olan toprak serileri; Quaterner dönemin genç ürünleri olmaları nedeniyle profillerinde sadece A ve C horizonları gelişebilmiş ve bu alanlardaki koluviyal materyallerinin köken özelliklerine bağlı olarak da her iki serinin bütün horizonları kireçsiz olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Büngüldeyik serisi topraklarının morfolojik tanımı

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0–15	5YR 3/4 (Y); kumlukil; orta orta granüler; yapışkan ve plastik; çok zayıf kayma yüzeyleri; kireçsiz; belirgin düz sınır; taşsız.
A2	15–35	5YR 3/4 (Y); kumlukil; küçük orta köşeli blok; yapışkan ve plastik; zayıf kayma yüzeyleri; yoğun 0.5-1.0 cm çaplı radyolarit çörtleri; az yoğun mangan birikimleri; kireçsiz; belirgin düz sınır; çok az taşlılık.
2A1	35–57	5YR 4/4 (Y); kumlukil; masif; yapışkan ve plastik; zayıf kayma yüzeyleri; yoğun 0.5-1.5 cm çaplı radyolarit çörtleri; az yoğun mangan birikimleri; kireçsiz; belirgin düz sınır; az taşlılık.
2A2	57–88	5YR 4/6 (Y); kumlukil; masif; yapışkan ve plastik; zayıf kayma yüzeyleri; yoğun 1.0-1.5 cm çaplı radyolarit çörtleri; az yoğun mangan birikimleri; kireçsiz; belirgin düz sınır ; az taşlılık.
2C	88–117	Metamorfik kırıntılı kayaç birimlerinin kısmen pekişmiş ve masif yapılı materyalleri; kireçsiz killer; orta taşlılık.



Şekil 3.13. Büngüldeyik serisi topraklarının profil özellikleri

Çizelge 3.4. Zambaklı serisi topraklarının morfolojik tanımı

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0–18	7.5YR 4/3 (Y); kumlukillitin; orta orta yarı köşeli blok; az yapışkan az plastik; kireçsiz; az yoğun 0.5-1.0 cm çaplı radyolarit çörtleri; orta derecede yoğun 5-15 cm çaplı şistik kökenli taşlılık; belirgin düz sınır; orta taşlılık.
C1	18–40	7.5YR 4/3 (Y); kumlukillitin; masif; az yapışkan az plastik; orta yoğun mangan birikimi; kireçsiz; az yoğun 1-3 cm çaplı radyolarit çörtleri; belirgin düz sınır; çok az taşlılık.
C2	40–52	7.5YR 4/4 (Y); kumlukillitin; masif; az yapışkan az plastik; yoğun mangan birikimi; kireçsiz; yoğun 1-5 cm çaplı radyolarit çörtleri ve şistik çakıllar; belirgin düz sınır; orta taşlılık.
2A	52–60	7.5YR 3/3 (Y); kumlukillitin, masif; yapışkan ve plastik; kireçsiz; 0.5-1.0 cm çaplı radyolarit çörtleri ve şistik çakıllar; zayıf mangan birikimleri; belirgin düz sınır; az taşlılık.

2C1	60–82	7.5YR 4/6 (Y); kumlutın; masif; az yapışkan az plastik; kireçsiz; 1.5–2.0 cm çaplı radyolarit çörtleri ve şistik çakıllar; orta yoğun mangan birikimleri; belirgin düz sınır; az taşlılık.
2C2	82–120	7.5YR 4/6 (Y); kumlutın; masif; az yapışkan az plastik; kireçsiz; 1.5–2.0 cm çaplı radyolarit çörtleri ve 3-10 cm çaplı şistik taşlar; orta yoğun mangan birikimleri; az taşlılık.



Şekil 3.14. Zambaklı serisi topraklarının profil özellikleri

Çalışma alanında, aluviyal yelpaze olarak tanımlanan diğer bir jeomorfolojik ünite üzerinde yer alan topraklar, kaynağını yine Batı-Kuzeybatı Toroslardan alan iki akarsu tarafından yüksek arazilerden taşınıp getirilen materyallerin Akdeniz’e ulaşmadan önceki son karasal düzlük olan Tekirova yöresinde depolanması ve depolanan bu ana materyallerin burada değişime uğraması sonucunda oluşmuşlardır. Bu genç sedimentler üzerindeki oluşumları halen devam etmekte olan bu topraklarda yeterli bir profil gelişimi

gözlenmemektedir ve jeomorfik oluşumları kapsamında sahip oldukları farklı özellikleri nedeniyle üretkenlikleri de farklıdır. Nitekim hemen tamamı düz ve düze yakın topoğrafyaya sahip olan bu topraklar, oluşumlarında etkili olan jeomorfolojik güçlerin niteliklerine bağlı olarak bir kısmı kaba tekstürlü, bir kısmı orta ince tekstürlü ve bir kısmı da ince tekstürlü bir toprak profiline sahiptir.

Kaba tekstürlü topraklar, çalışma alanında aluviyal yelpaze olarak tanımlanmış olan alanın daha çok batı-kuzeybatı başlangıcına yakın yörelerinde, orta ince tekstürlü topraklar bu yelpazenin orta kısımlarında yayılım göstermekte iken ince tekstürlü topraklar, ise yine bu yelpazenin son yani denize yakın olan doğu kısımlarında bulunmaktadır. Söz konusu bu konumsallıklarından kaynaklanan tekstürel yapı farklılıklarına bağlı olarak çalışma alanındaki aluviyal yelpaze toprakları üst, orta ve alt zonlar olmak üzere üç farklı jeomorfolojik alt ünite kapsamında incelenmişlerdir.

Bu konumsallıkları kapsamda aluviyal yelpaze fizyografik ünitesinin üst zonunda Sarı vd'nin (2008) hazırlamış olduğu toprak koruma planında tanımladığı şekliyle, 'Çayırbaşı serisi' toprakları (Çizelge 3.5, Şekil 3.15), orta zon üzerinde 'Kumtarla serisi' toprakları (Çizelge 3.6, Şekil 3.16) ve yelpazenin alt zonunda da 'Yumruçakıl serisi' toprakları (Çizelge 3.7, Şekil 3.17) yer almaktadır. Quaterner yaşlı genç sedimentler üzerinde gelişmekte olmaları nedeniyle her üç toprak serisi de A/C horizonlu olup özellikle konumsallıklarından kaynaklanan çeşitli sorunlara sahip bulunmaktadır. Nitekim aluviyal yelpazenin üst ve orta zonlarında yer alan Çayırbaşı ve Kumtarla serisi topraklarındaki etkili toprak derinliğinin yetersiz oluşu ve yelpazenin alt zon toprakları olan Yumruçakıl serisi topraklarındaki sıkı ve geçirimsiz bir yapının oluşmasına neden olan kumlukil tekstür ve bazı alanlarda da yüksek taban sularının varlığı, bu topraklarda yer yer tarımsal üretimi sınırlayabilecek ve hatta engelleyebilecek düzeylere kadar da ulaşabileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 3.5. Çayırbaşı serisi toprakların morfolojik tanımı

Horizon	Derinlik(cm)	Tanımı
A1	0–30	5YR 3/2 (Y); kumlu killi tın; zayıf küçük granüler; az yapışkan az plastik; kireçsiz; seyrek yuvarlak çakıllar; belirgin düz sınır; çok az taşlılık.
C1	30–45	5YR 3/3 (Y); kumlutın; masif; az yapışkan plastik değil; kireçsiz; orta yoğun yuvarlak çakıllar; belirgin düz sınır; az taşlılık.
2C	45–58	Kireçsiz; çakıllı-taşlı bir katman; çok taşlılık.
3A	58–90	7.5YR 2/2 (Y); siltlikil; masif; yapışkan ve plastik; kireçsiz; az yoğun mangan konkresyonları; orta yoğun pas lekeleri; belirgin düz sınır; taşsız.
3C	90–140	7.5YR 4/4 (Y); siltlikil; masif; yapışkan ve plastik; kireçsiz; orta yoğun mangan konkresyonları; yoğun pas lekeleri; az taşlılık.



Şekil 3.15. Çayırbaşı serisi topraklarının profil özellikleri

Çizelge 3.6. Kumtarla serisi topraklarının morfolojik tanımı

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0–20	5 YR 3/1 (Y); kumlutın; orta orta granüler; az yapışkan az plastik; kireçsiz; 5–15 cm çaplı seyrek şistik taş ve çakıllar; belirgin düz sınır; çok az taşlılık.
A/C	20–45	5 YR 3/1 (Y); kumlutın ve çakıl karışımı bir katman; masif; kireçsiz; belirgin düz sınır; orta taşlılık.
C	45–99	Kireçsiz, yoğun çakıllı ve taşlı bir katman; çok taşlılık.



Şekil 3.16. Kumtarla serisi topraklarının profil özellikleri

Çizelge 3.7. Yumruçakıl serisi topraklarının morfolojik tanımı

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0–25	5YR 2/3 (Y); kumlukil; orta kaba granüler; yapışkan ve plastik; az kireçli; çok az yoğun çakıllar; belirgin düz sınır; çok az taşlılık.
A2	25–37	5 YR 3/2 (Y); kumlu kil; masif; yapışkan ve plastik; kireçli; az yoğun çakıllar; belirgin düz sınır; az taşlılık.
2A	37–59	7,5YR 4/3 (Y); kumlu kil; masif; yapışkan ve plastik; kireçli; orta yoğun çakıllar; belirgin düz sınır; orta taşlılık.
2C	59–77	7,5YR 5/3 (Y); kumlu kil; masif; yapışkan ve plastik; kireçli; yoğun çakıllar; belirgin düz sınır; çok taşlılık.
3C1	77–93	Kireçli; kumlu-orta irilikte çakıllı bir katman; orta taşlılık.
3C2	93–112	Kireçli; çakıllı bir katman; çok taşlılık.
4A	112–140	7,5YR 4/4 (Y); kumlu tın; masif; az yapışkan az plastik; kireçli; taşsız.



Şekil 3.17. Yumruçakıl serisi topraklarının profil özellikleri

3.1.3.Araştırma Alanı Veri Listesi

Araştırma alanına ait elimizde başlangıçta bulunan ve arazi çalışmaları ile grid noktaları esas alınarak toplanıp sonradan eklenen verilerin listesi aşağıdaki gibidir;

- a. 1967 Yılı Siyah-Beyaz Stereoskopik Hava Fotoğrafları
- b. 2004 Yılı 0,6 m Çözünürlüklü QUICKBIRD Uydu Görüntüsü
- c. 2006 Yılı 1 m Çözünürlüklü IKONOS Uydu Görüntüsü
- d. 1/25.000 Ölçekli Askeri Topoğrafik Harita
- e. 1/1.000 ölçekli hali-hazır haritadan entegre edilmiş 1 m'lik eşyüksekti eğrileri haritası
- f. Jeolojik Yapı Haritası
- g. Tekirova Beldesi Sürdürülebilir Arazi Yönetim Planı Raporu
- h. Arazi Çalışması Verileri (234 noktasal veri ve bu noktalara ait tablosal veriler)
 - Tekstür
 - Strüktür (Tip-Büyüklik-Dayanıklılık)
 - Renk (Hue-Value-Croma)
 - Horizon Tanımı-Sınırı
 - Horizon Derinliği
 - Kireç Durumu
 - pH ve EC değerleri
 - Kıvam-Yapışkanlık-Plastiklik
 - Organik Materyal
 - Drenaj Durumu
 - Parça-Büyüklik Dağılımı
 - Profil ve Yüzey Taşlılığı
 - Ana Materyal
 - Vejetasyon Çeşidi ve Yoğunluğu
 - Yer yüzey Örtüsü

- Pedolojik görünüm, aykırı katman varlığı ve profil boyunca katmanlar arası kesiklik durumu

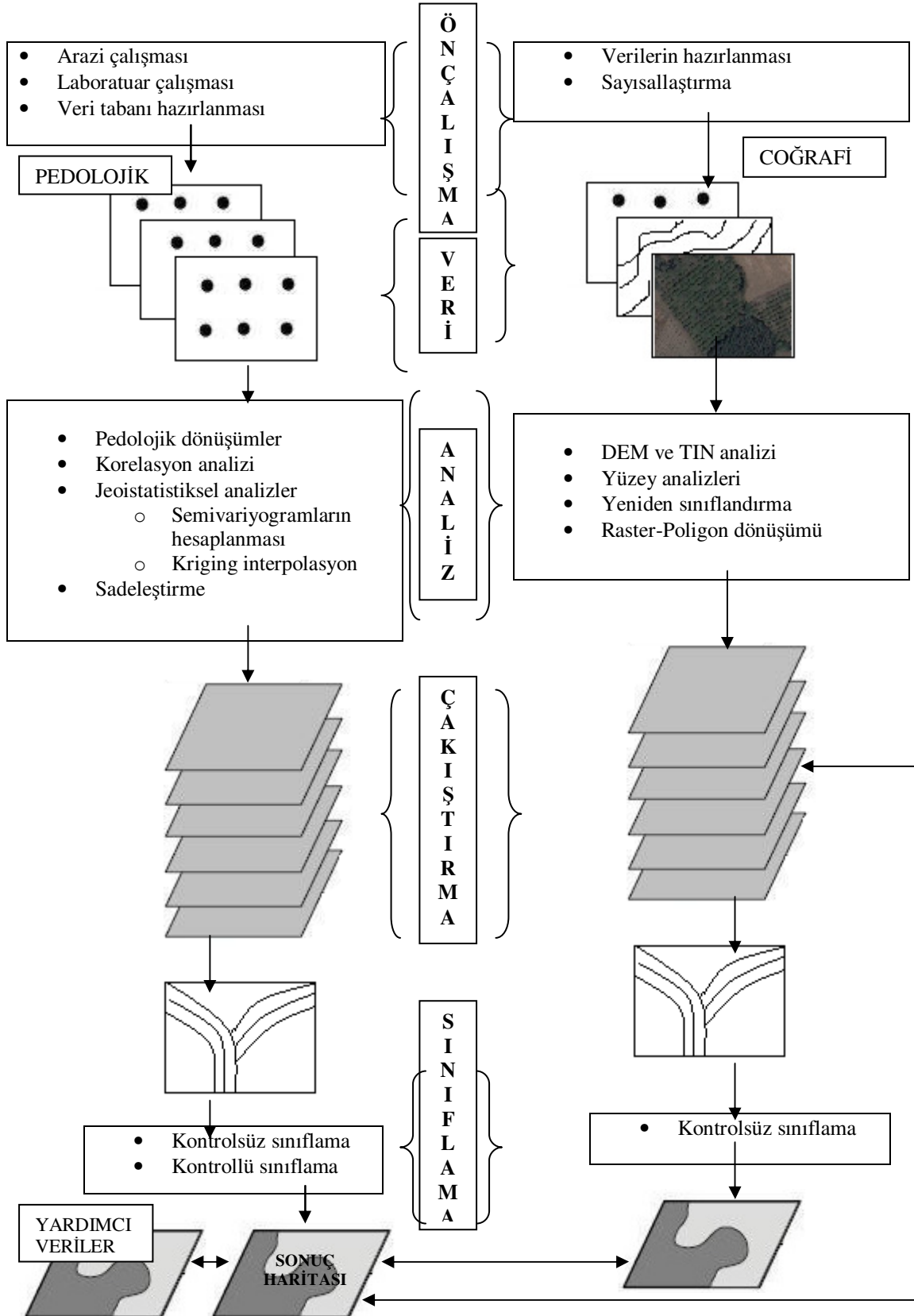
Araziye yönelik eğim, bakı, eş yükselti eğrileri, 3 boyutlu görüntüleme, arazi kullanımı gibi coğrafi değişkenlere dair analizler ve arazi çalışmalarından elde edilen pedolojik değişkenlere dair kriging interpolasyonu gibi jeostatistiksel analizlerde ArcGIS 9.3.1 yazılımı ‘3D Analyst’, ‘Spatial Analyst’ ve ‘Geostatistical Analyst’ modülleri ile istatistiksel hesaplamalarda SPSS 17.0 yazılımı materyal olarak kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu tez çalışması; arazi çalışmaları ile birlikte çeşitli kartografik materyallerin bilimsel ve teknik değerlendirmelerinin çeşitli yazılımlar kullanılarak bilgisayar ortamında yapılması esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda, toprağa dair bireysel pedolojik özellikler ve toprağın ait olduğu konumdaki coğrafi değişkenlerin tespiti ve daha sonra da belirlenen bu toprak özellikleri ile coğrafi değişkenler arasındaki ilişkilerden yola çıkılarak toprak etüt-haritalama ve arazi kullanım planlaması çalışmalarındaki uzman inisiyatifi en aza indirecek alternatif bir metod yaklaşımının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Beş ana basamaktan oluşan yöntem bütünü; genel hatların ve akış şemasının özetlendiği birinci bölümün ardından basamakların detaylı açıklamasının yer aldığı ikinci bölüm ve sonuç ilişkilerinin ortaya çıkarıldığı üçüncü bölümden oluşmaktadır.

3.2.1. Yöntem akış şeması ve basamakları

Ana hatlarıyla ön çalışma, veri, analiz, karşılaştırma, sınıflama ve ilişkilerin analiz edilmesi başlıklarından oluşan tez yönteminin akış diyagramı Şekil 3.18’deki gibidir.



Şekil 3.18. Tez çalışması yönteminin akış diyagramı

Beş ana basamaktan oluşması öngörülen çalışma boyunca, verilerin sayısal ortama aktarılması, analiz edilmesi, yorumlanması gibi tüm iş ve işlemlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda tez çalışması yönteminin basamakları aşağıda özetlendiği şekildedir:

1. Hava fotoğraflarının yorumlanması ve arazi çalışmalarına hazırlık bölümü: Çalışma alanındaki farklı topografik ve fizyografik (jeomorfolojik) ünitelerin saptanması amacıyla hava fotoğraflarının yorumlanmasında aynalı stereoskop kullanılmış ve elementel analiz yöntemiyle topografik ve fizyografik ünitelere dayalı gri ton, eğim, drenaj deseni ve arazi kullanım şekilleri vb değerlendirilerek alandaki olası farklı jeolojik, jeomorfolojik, toprak ve arazi karakteristikleri belirlenmiştir. Söz konusu bu özellikler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemleriyle haritalandırılmıştır. Bu bölüm sonucunda elde edilen haritalandırılmış veriler, yöntemin 'diğer yardımcı veriler' bölümünde kullanılmak amacıyla yorumlanmıştır.

2. Arazi çalışması basamağı: Arazi çalışması ile Tekirova beldesi toprakları, grid örnekleme tekniği kullanılarak etüt edilmiş ve seri ve faz düzeyinde noktasal veriler toplanmıştır. Alana dair veri toplama işlemi, detaylı toprak haritalama çalışmalarında kullanılan yöntem uyarınca 50 metre aralıklar olacak şekilde yapılmıştır. MobilGIS cihazının küresel konumlama sistemi (GPS) kullanılarak koordinatları saptanan noktalardaki pedolojik ve coğrafi bileşenlerin özellikleri tespit edilerek kaydedilmiştir. Noktasal veriler kapsamında; toprak derinliği, üst toprak tekstürü, alt toprak tekstürü, renk ve kıvam gibi bazı temel pedolojik değişkenler ile coğrafi özelliklerden olan jeolojik ve jeomorfolojik yapı, eğim, bakı, yükseklik, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi unsurlara ilişkin veriler toplanmış ve bu veriler düzenli bir biçimde konumsallık esasına dayalı olarak arazide bilgisayar ortamına aktarılmak suretiyle veri toplama aşaması tamamlanmıştır.

3. Pedolojik değişkenlerin (bireysel toprak özelliklerinin) hazırlanması ve analiz edilmesi basamağı: Bu basamak, arazi verilerinin anlamlı altlıklar olacak şekilde

haritalandırılmasına yönelik işlemleri kapsamaktadır. Araziden noktasal veriler şeklinde elde edilmiş olan pedolojik değişkenlerin haritalandırılabilmesi için öncelikle bu değişkenlerin uygun veritabanının hazırlanması ve güvenilirliklerinin test edilmesi gerekmektedir. Pedolojik olarak dönüştürülmüş formattaki sayısal veriler, kriging interpolasyon yönteminde değerlendirmeye alınmışlardır. Bu kapsamda, bireysel toprak özelliklerinin kendi aralarındaki ve aynı özelliklerin, farklı konumsallıklardaki bağımlılık derecelerinin hesaplanması suretiyle, değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyan ve noktasal değerler yerine, incelenen değişkenin belirlenmiş bir alan üzerindeki ortalama değerinin kullanılmasını sağlayan interpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu tür çalışmalar için genellikle ölçülmüş arazi değerlerinden yola çıkılarak ölçülmemiş noktaların tahmin edilmesi prensibine dayalı olan ve arazi çalışmaları ile elde edilen noktasal gözlem değerlerinin, alansal dağılımını belirlemek amacıyla kullanılan klasik interpolasyon teknikleri yerine, kriging interpolasyon tekniği kullanılmıştır. Hesaplamaları yapılan ve uzaysal değişkenlikleri saptanan (semivariogramları oluşturulan) değişkenlerin örneklenmemiş alanlardaki değerleri tahmin edilerek araştırma alanındaki dağılımları belirlenmiştir. Alana dair elde edilen tüm pedometrik veriler bu bölümün sonunda analiz edilmiş, haritalandırılmış ve uygun altlıklar modülüne dönüştürülerek karşılaştırılmıştır. Söz konusu bu harita üzerindeki temel bileşenlerin oluşturduğu birliktelikler analiz edilerek her sınıfı temsil eden temel tanımlayıcı sınıf özellikleri saptanmıştır. Sonrasında kontrollü ve kontrolsüz sınıflama yöntemleri kullanılarak yeniden sınıflandırılan pedolojik altlık için en uygun bulunan yöntemin haritası seçilmiş ve sonuç olarak çalışma alanında toprak sınıflarını yansıtan tek bir altlık harita hazırlanmıştır.

4. Coğrafi değişkenlerin hazırlanması ve analiz edilmesi basamağı: Coğrafi değişkenlerin haritalanması kapsamında uydu görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak araziye yönelik eğim, bakı, yükseklik, kıvrıklık ve 3 boyutlu görüntüleme gibi analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen haritalardan, çalışma alanında yayılım gösteren yer şekillerinin ve/veya jeomorfolojik üniteler ile sayısal olarak ifade edilmesi amacıyla farklı yükselti ve eğim dereceleri için sınır değer aralıkları belirlenmiş ve yeniden

sınıflandırılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen alansal veriler, yine CBS yazılımı ile haritalandırılmış ve uygun altlıklar modülüne dönüştürülerek karşılaştırılmış olarak yöntemin altıncı basamağında kullanılacak tek bir altlık harita haline getirilmiştir.

5. Diğer yardımcı verilerin (jeolojik ve jeomorfolojik yapı, iklim ve sıcaklık verileri, anamateryal yaşı, bitki örtüsü gibi unsurlarının) hazırlanması basamağı: Öngörülen genel çalışma yöntemi prensipleri bütününde önem arz eden ve mutlaka değerlendirmeye alınması gereken bir basamaktır. Araştırma alanı ölçeğinde değerlendirildiğinde iklimsel ve jeolojik yapı olarak farklılık gösteren yapılara rastlanmadığı için yalnızca bitki örtüsü verilerinin analizi yönteme eklenerek sınıflama boyutunda bir avantaj sağlanmıştır.

Yukarıda genel hatlarıyla açıklanan basamaklara ait ayrıntılı bilgiler ve elde edilen verilere ait tüm bulgular Bölüm 4.1’de verilmiştir.

3.2.2. Yöntemin Uygulanması

3.2.2.1. Pedolojik verilerin hazırlanması

Pedolojik verilerin hazırlanmasındaki ana basamaklar aşağıdaki şekildedir;

- a. Arazi çalışması ile araziden 50 metre aralıklı grid örnekleme tekniği ile 234 nokta ve 3 derinlik (0–30 cm, 30–90 cm, 90+ cm) için toprak örnekleri alınmış ve bu veriler başlangıçta 42 farklı değişken için analiz edilmiştir.
- b. Söz konusu her bir nokta ve derinlik için veri tabanları oluşturulmuştur.
- c. Veritabanındaki verilerin pedolojik dönüşümleri yapılmıştır.
- d. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış ve korelasyon analizleri yapılmıştır.

- e. Yapılan analizlerden sonra jeoistatistiksel hesaplamalar için uygun değişkenler seçilmiştir (29 değişken).
- f. Her bir değişken ve derinlik için jeoistatistiksel parametreler hesaplanmıştır (29 değişken*3 derinlik=87 hesaplama*3 model=261 jeoistatistik uygulaması)
- g. En uygun-en az hatalı-model ve parametreler seçilmiş ve her bir değişken için Kriging interpolasyon yapılarak jeoistatistiksel altlıklar hazırlanmıştır.
- h. Jeoistatistiksel hesaplamaları yapılan ve haritalandırılan altlıklar poligon tabanlı haritalara dönüştürülmüş ve sadeleştirilmiştir (43 altlık)
- i. Düzenlenen tüm pedolojik altlıklar karşılaştırılmıştır.
- j. Çakışma sonucu ortaya çıkan yeni veri tabanındaki değişken birliktelikleri analiz edilmiştir.
- k. Analiz edilen birliktelikler kontrollü ve kontrolsüz sınıflama yöntemlerince sınıflandırılmıştır.
- l. Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri ile hazırlanan toprak sınıfları haritaları karşılaştırılmış ve sonuç haritasına karar verilmiştir.

Yukarıda temel basamakları sıralanmış olan pedolojik verilerin hazırlanma prensiplerinin detaylı açıklamaları ve sonuçları “Bulgular ve Tartışma” bölümünde yer almaktadır.

3.2.2.2. Coğrafi verilerin hazırlanması

Coğrafi değişkenlerin haritalanması kapsamında uydu görüntüleri ve CBS kullanılarak araziye yönelik eğim, bakı, yükseklik, kıvrıklık ve 3 boyutlu görüntüleme analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen haritalardan, çalışma alanında yayılım gösteren yer şekillerinin ve jeomorfolojik ünitelerin sayısal olarak ifade edilmesi amacıyla yeni sınır değer aralıkları belirlenmiş ve altlıklar yeniden sınıflandırılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen alansal veriler, yine CBS yazılımı ile haritalandırılmış ve uygun altlıklar modülüne dönüştürülerek karşılaştırılmış ve tek bir altlık harita haline getirilmiştir.

Coğrafi verilerin hazırlanmasındaki ana basamaklar aşağıdaki şekildedir;

- a. Coğrafi altlıklar coğrafi bilgi sistemleri yazılımları kullanılarak hazırlanmıştır.
- b. Eşyükselti eğrileri sayısallaştırılmış, nokta yükseklik verileri hazırlanmıştır.
- c. 3 boyutlu modelleme ve diğer yüzey analizleri yapılarak coğrafi altlık haritalar hazırlanmıştır.
- d. Altlıklar yeniden sınıflandırılmış ve katmanlar karşılaştırılmıştır.

Yukarıda temel basamakları sıralanmış olan coğrafi verilerin hazırlanma prensiplerinin detaylı açıklamaları ve sonuçları “Bulgular ve Tartışma” bölümünde yer almaktadır.

3.2.2.3. Diğer yardımcı verilerin sınıflandırmaya katılması

Öngörülen genel çalışma yöntemi prensipleri bütününde önem arz eden ve mutlaka değerlendirmeye alınması gereken bir basamak da “diğer yardımcı verilerin hazırlanması” basamağıdır. Diğer yardımcı veriler; çalışma alanının jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, iklim ve ana materyal yaşı gibi toprak oluşumunu etkileyen faktörler veya bitki örtüsü, toprağın sıcaklık verileri gibi unsurlarını içermektedir. Jeolojik yapı ve bölgesel iklim gibi veriler daha küçük ölçeklerde farklılıklar yaratan buna karşılık bu tür detaylı toprak haritalama çalışmaları için toprak sınıflarını belirleyici büyüklükte değişiklik göstermeyen özelliklerdir.

Araştırma alanı ölçeğinde değerlendirildiğinde iklimsel ve jeolojik yapı olarak farklılık gösteren yapılara rastlanmadığı için bu değişkenlerin sınıflama boyutunda bir avantaj sağlamayacağı anlaşılmıştır. Toprağın sıcaklık verisine dair bilgi, gerekli teknik donanım olmadığı için arazi çalışması sırasında toplanamamıştır. Ana materyal ve jeomorfolojik yapı bilgileri ise pedolojik değişkenler ile birlikte ele alınmış ve pedolojik değişkenlerin hazırlanması bölümünde sınıflandırma sistematiğine katılarak çalışmaya katkı sağlanmıştır.

Bitki örtüsü, vejetasyon tipi ve yoğunluğu, 1967–2006 yılları arasındaki arazi kullanım ve parsel şekillerindeki değişim gibi toprak genetiğine ait olmayan ancak toprak sınıflarını belirlemede toprak uzmanına büyük yararlar sağlayan araziye dair detayları içeren yardımcı veriler bu bölüm kapsamında toprak sınıflarını belirleme sistematğine katılmıştır.

Diğer yardımcı verilerin toprak haritalamasına katılması kapsamında 1967 yılı stereoskopik hava fotoğrafları ve 2006 yılı IKONOS uydu görüntüsü yorumlamaları kullanılmıştır. Alansal kullanımları belirlenen bölgeciklere uygun bir veri tabanı ve kodlama sistemi hazırlanmıştır. Bu veri tabanı kullanılarak arazideki değişimleri ve mevcut durumları analiz edilen veriler yine CBS yazılımı ile tematik olarak haritalandırılmıştır.

Diğer yardımcı verilerin hazırlanmasındaki ana basamaklar aşağıdaki şekildedir;

- a. Alandaki her bir kullanım hava fotoğrafları ve uydu görüntüsü kullanılarak alansal olarak yorumlanmış, belirlenmiş ve poligon bazlı harita haline getirilerek sayısallaştırılmıştır.
- b. Sayısallaştırılan her bir poligon için yine hava fotoğrafları ve uydu görüntüsü kullanılarak veri tabanları oluşturulmuştur.
- c. Veri tabanı kullanılarak her tanımlama için tematik haritalar hazırlanmıştır.
- d. Tematik haritalarda oluşan kümeler ile sonuç haritasında ortaya çıkan sınıflar arasında bir ortak yön olup olmadığı değerlendirilmiş ve analiz edilmiştir.
- e. Aynı zamanda hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri kullanılarak parsel sınırları çizilmiş ve değişmeyen parsel sınırları belirlenerek sonuç haritasında ortaya çıkan sınıfların sınırları ile ilişkisi analiz edilmiştir.
- f. Analizler sonucu sonuç haritasında gereken değişiklikler yapılmıştır.

Yukarıda temel basamakları verilmiş olan diğer yardımcı verilerin hazırlanma prensiplerinin detaylı açıklamaları ve sonuçları “Bulgular ve Tartışma” bölümünde yer almaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

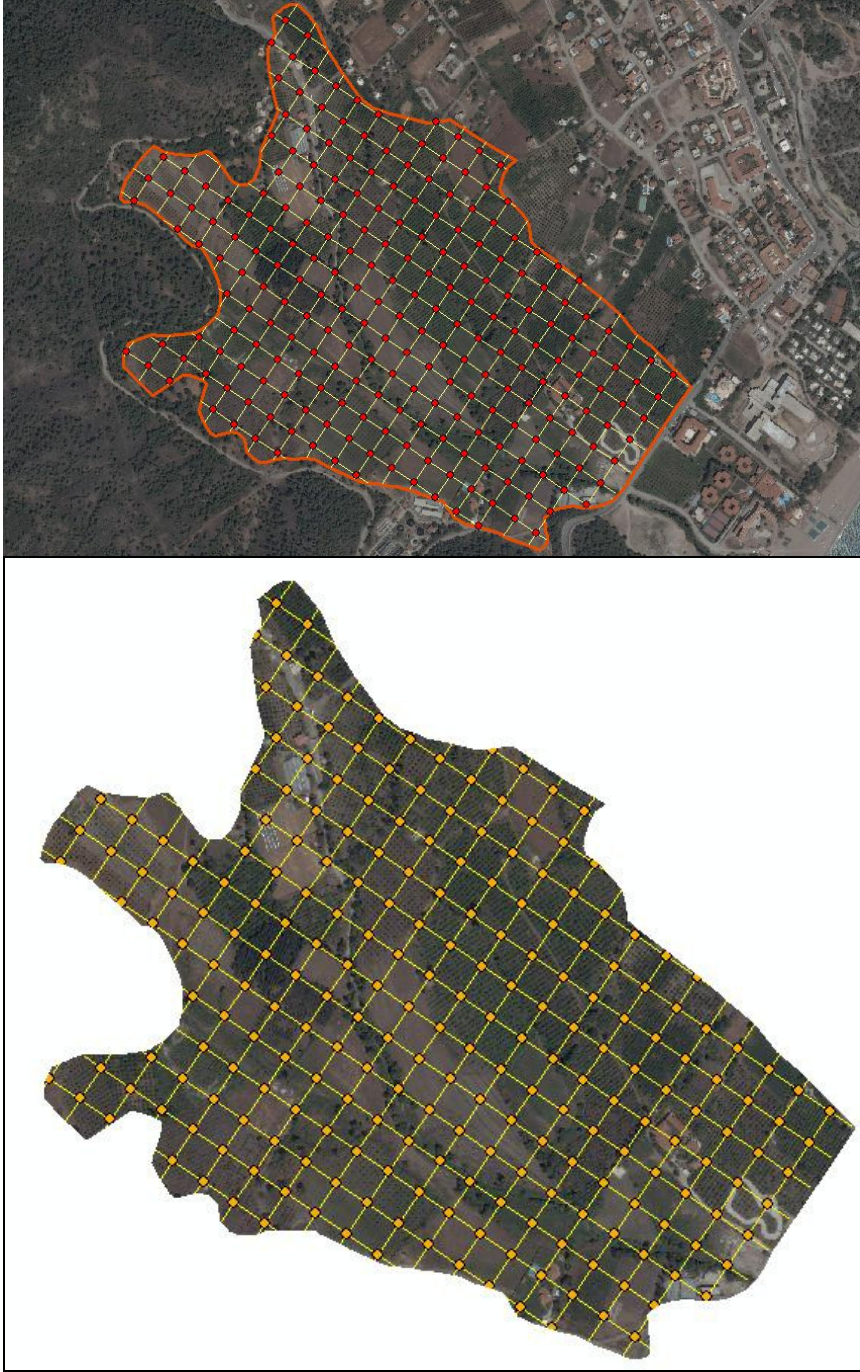
4.1 Pedolojik Değişkenlerin Analizi

Bu bölümde, çalışma alanı için belirlenmiş olan her bir örnekleme noktası için saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilmiş olan her bir pedolojik özellik için değişkenlik analizleri yapılmış ve elde edilmiş olan sonuçlar tartışılmıştır.

4.1.1 Veritabanı hazırlanması

Tekirova beldesi arazi ve toprakları, çeşitli kartografik materyallerin bilimsel ve teknik değerlendirmelerini takiben grid örnekleme tekniği kullanılarak 50*50 m'lik grid aralıklarla (Şekil 4.1) ve üç ayrı derinlikte (0–30 cm / 30–90 cm / 90+ cm) etüt edilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları ile alanda belirlenmiş olan toplam 234 noktadan genetik horizon esasına göre bozulmuş toprak örnekleri alınmış ve bu örnekler arazi koşullarında analiz edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının tuzluluk ve reaksiyon kimyasal özellikleri de araziden alınan toprak örneklerinin laboratuvar koşullarında pH ve EC ölçümlerinin yapılması ile elde edilmiştir. Burgu ile alınan toprak örneklerinden alınarak tanımlanan özellikler dışında, strüktür ve taşlılık gibi özelliklerin tanımlanmasında Sarı vd'nin (2006) yapmış olduğu Tekirova Beldesi Arazi Yönetim Planı çalışmasında açılmış olan profil çukurlarından elde edilen bilgiler ışığında yapılan ana seri tanımlamalarına bağlı kalınmıştır.

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan seri düzeyinde toplanan 234 noktaya ve üç ayrı derinliğe ait Çizelge 4.1'de sıralanmış olan 42 adet toprak verisinin arazi koşullarında kaydedilebilmesi için yüksek hassasiyetli koordinat verisi sağlayabilen MobilGIS cihazı kullanılmıştır. Arazi koşullarında kayıt edilen bu veriler daha sonra bilgisayarda düzenlenerek her bir derinlik için ayrı veri tabanı hazırlanmıştır. Bu çalışma için 50m*50m kontrol aralığının seçilmesinin sebebi, “Soil Survey Manual”ın (1993) öngördüğü minimum ayırt edilebilir alan standardının sağlanmasıdır.



Şekil 4.1. Toprak örnekleme noktalarının 50 metre aralıklarla alanda dağılımı

Şekil 4.1’de coğrafi lokasyonları gösterilen 234 adet örnekleme noktasına ve üç ayrı derinliğe ait 42 adet pedolojik değişkenin kod tanımlamaları aşağıdaki Çizelge 4.1’de yer almaktadır. Söz konusu bu değişkenlere yönelik detaylı açıklamalar Bölüm 2.1.1’de yer alan “Toprak Haritalamada Kullanılan Genel Kavramlar ve Değişkenler” başlığı altında verilmiştir.

Veri tabanı hazırlanırken, yazılım tarafından otomatik olarak atanan “ID” dışında, “PROF_ID” ve “HOR_ID” kodlarıyla veri tabanında yer alan ve noktaların ve noktaların üçüncü boyutu olarak derinliğindeki horizon numaralarını tanımlayan bu sayısal değerler kimlik numarası içindir. Bu sebeple bu 3 başlık değişken olarak değil de kimlik numarası olarak veri tabanında yer almaktadır. Bunun dışında pedometrik dönüşüm sınıflaması için veri tabanında yer alan bazı kodlar da mevcuttur. Bu kodlar, Çizelge 4.1’de altı çizili olarak gösterilmiş 29 adet değişken dışında veri tabanında yer alan 10 adet başlık olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak örnekleme noktalarına ait tablosal verilerde (tabulated data) yer alan kodlar ve açıklamaları

Tablosal Kodu	Kod Tanımlaması	Kod türü
ID	Sistem tarafından otomatik olarak atanmış noktasal kimlik numarası	Kısa tamsayı
PROF_ID	Toprak profilinin kimlik numarası	Uzun tamsayı
HOR_ID	Horizonun kimlik numarası	Uzun tamsayı
HOR_ADI	Ana horizonlar ve katmanların adı	Text
<u>SINIR_F</u>	Sınırlar ya da katmanlar arasındaki sınır farklılıkları	Uzun tamsayı
<u>SINIR_T</u>	Sınırlar ya da katmanlar arasındaki topografyadaki farklılıklar	Uzun tamsayı
DERIN_D	Horizondaki en düşük derinlik	Uzun tamsayı
DERIN_Y	Horizondaki en yüksek derinlik	Uzun tamsayı
DERIN_T	Horizonun toplam derinliği	Uzun tamsayı
<u>DERIN_TT</u>	Horizonun toplam derinliğinin sınıflaması	Uzun tamsayı
RRD	Kök kısıtlayıcı derinlik	Uzun tamsayı
<u>RRD2</u>	Kök kısıtlayıcı derinliğin sınıflaması	Uzun tamsayı
<u>ORG_MAT</u>	Organik materyal varlığı veya yokluğu	Kısa tamsayı
<u>DRENAJ</u>	Horizonun drenaj durumu	Kısa tamsayı
<u>TEKSTUR</u>	Horizondaki kum-kil-silt parçacıklarının birbirine oranıdır, horizondaki baskın tekstür	Kısa tamsayı
<u>PR_TASLI</u>	Profildeki taşlılık değeri.	Kısa tamsayı
<u>TAS_TIPI</u>	Profildeki taşları tanımlayıcı özellik.	Kısa tamsayı
<u>YU_TASLI</u>	Yüzeydeki taşlılık değeri.	Kısa tamsayı
<u>TOP_RENK</u>	Toprağın rengidir. Hue-Value ve Chroma değerlerinin birlikte ifadesidir	Uzun tamsayı
HUE	Toprağın Hue değeri, spektral renk-dalga boyu ile ilgilidir	Kısa tamsayı

<u>VALUE</u>	Toprağın Value değeri; koyuluk derecesini belirtir-yansıyan ışığın miktarı ile ilgilidir	Kısa tamsayı
<u>CHROMA</u>	Toprağın Chroma değeri; rengin saflığının ölçüsüdür	Kısa tamsayı
<u>STR</u>	Strüktür oluşumunun varlığı ya da yokluğunun ifadesidir	Kısa tamsayı
<u>STR TIP</u>	Strüktürün tipidir. Pedlerin-her doğal küme-oluştugu koşulları yansıtır	Kısa tamsayı
<u>STR BUY</u>	Strüktürün büyüklüğüdür. Kümenin ortalama çapını gösterir	Kısa tamsayı
<u>STR DAY</u>	Strüktürün dayanıklılığıdır. Strüktürün kümeleşme derecesini gösterir	Kısa tamsayı
<u>YAPISKAN</u>	Toprağın diğer cisimlere yapışma derecesi	Kısa tamsayı
<u>PLASTİK</u>	Toprağın, uygulanan basınç altında devamlı şeklini koruyabilmesi	Kısa tamsayı
<u>KIREC</u>	Toprağın kireç içeriğidir.	Kısa tamsayı
<u>PH</u>	Toprağın pH değeri	Kesirli sayı
<u>REAKSIYON</u>	Toprağın pH değerinin tanımı	Kısa tamsayı
<u>EC</u>	Toprağın elektriksel iletkenliği (dS/m - desisiemens/metre)	Kesirli sayı
<u>TUZLULUK</u>	Elektriksel iletkenliğe göre tuzluluk sınıfları	Kısa tamsayı
<u>ANA MAT1</u>	Yerinde ayrılmış-Taşınmış ana materyal tanımı	Kısa tamsayı
<u>ANA MAT2</u>	Ana materyal 1'deki tanımlamalara göre alt ayrımlar	Kısa tamsayı
<u>A M ZONE</u>	Taşınmış ana materyal için üst-orta-alt zone ayrımları	Kısa tamsayı
<u>AYKIRI</u>	Aykırı katman-materyal varlığı ya da yokluğunun ifadesidir	Kısa tamsayı
<u>AYKIRI2</u>	Aykırı katmanın içeriği	Kısa tamsayı
<u>PEDO GOR</u>	Profilde pedolojik görünümünün varlığı-yokluğu	Kısa tamsayı
<u>PEDO GOR2</u>	Pedolojik görünümünün içeriği	Kısa tamsayı
<u>KESİK</u>	Profil boyunca katmanlar arasında ani bir değişiklik/litolojik kesilmenin varlığı-yokluğu	Kısa tamsayı
<u>KESİK2</u>	Katmanlar arası değişiklik/litolojik kesilmenin içeriği	Kısa tamsayı

Pedolojik dönüşümler ve kabuller

Arazi çalışması ile 234 adet örnekleme noktasından ve üç ayrı derinlikten alınan ve kod açıklamaları Çizelge 4.1’de verilen toprak özelliklerinin gerçek değerleri, uluslar arası kabul görmüş sistemlerde öngörülen anlamlı aralıklar içerisinde yeniden tanımlanmıştır. Bu verilerin söz konusu aralıklara yönelik dönüşümleri Çizelge 4.2’de yer alan kabuller çerçevesinde yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Araştırma alanı pedolojik verilerinin dönüşüm kabulleri

Tablosal Kodu	Kod ifadeleri (Pedolojik dönüşüm yeni sınıfları)
ID	Rakamsal değeri
PROF_ID	Rakamsal değeri
HOR_ID	Rakamsal değeri
HOR_ADI	0 : Tasnif dışı / Harf ifadesi
SINIR_F	0 : Tasnif dışı
	1: Kesik sınır
	2 : Belirgin sınır
	3 : Kademeli sınır
	4 : Yaygın sınır
SINIR_T	0 : Tasnif dışı
	1: Düz
	2 : Dalgalı
	3 : Düzensiz
	4 : Kesik
DERIN_D	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
DERIN_Y	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
DERIN_T	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
DERIN_TT	0 : Tasnif dışı
	1 : Çok sık (<25 cm)
	2 : Sık (25-50 cm)
	3 : Orta derin (50-100 cm)
	4 : Derin (100-150 cm)
	5 : Çok derin (>150 cm)
RRD	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
RRD2	0 : Tasnif dışı

	1 : Çok sığ (<25 cm)
	2 : Sığ (25-50 cm)
	3 : Orta derin (50-100 cm)
	4 : Derin (100-150 cm)
	5 : Çok derin (>150 cm)
ORG_MAT	0 : Tasnif dışı
	1 : Organik materyal var
	2 : Organik materyal yok
DRENAJ	0 : Tasnif dışı
	1: İyi drenaj
	2 : Yetersiz drenaj (90-150cm)
	3 : Orta drenaj (60-90cm)
	4 : Fena drenaj (30-60cm)
	5 : Çok fena
	6 : Aşırı drenaj
TEKSTUR	0 : Tasnif dışı
	1 : Kum (S)
	2 : Tınlı kum (LS)
	3 : Kumlu tın (SL)
	4 : Tın (L)
	5 : Siltli tın (SiL)
	6 : Silt (Si)
	7 : Killi tın (CL)
	8 : Kumlu killi tın (SCL)
	9 : Siltli killi tın (SiCL)
	10 : Kumlu kil (SC)
	11 : Siltli kil (SiC)
	12 : Kil (C)
PR_TASLI	0 : Tasnif dışı
	1 : Taşsız
	2 : Çok az taşlı (%0,1-2)
	3 : Az taşlı (%2-5)
	4 : Orta taşlı (%5-15)
	5 : Çok taşlı (%15-50)
TAS_TIPI	0 : Tasnif dışı
	1 : Yuvarlak köşeli
	2 : Keskin köşeli
YU_TASLI	0 : Tasnif dışı
	1 : Taşsız
	2 : Çok az taşlı (%0,1-2)

	3 : Az taşlı (%2-5)
	4 : Orta taşlı (%5-15)
	5 : Çok taşlı (%15-50)
TOP_RENK	0 : Tasnif dışı / HUE-VALUE-CHROMA değerleri
HUE	0 : Tasnif dışı
	1 : 7.5 R
	2 : 10 R
	3 : 2.5 YR
	4 : 5 YR
	5 : 7.5 YR
	6 : 10 YR
	7 : 2.5 Y
	8 : 5 Y
	9 : 7.5 Y
	10 : 10 Y
	11 : N
	12 : 2.5 GY
	13 : 5 GY
	14 : 7.5 GY
	15 : 10 GY
	16 : 5 G
	17 : 10 G
	18 : 5 BG
	19 : 10 BG
	20 : 5B
	21 : 5 PB
	22 : 5 P
	23 : 5 RP
	24 : 5 R
VALUE	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
CHROMA	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
STR	0 : Tasnif dışı
	1 : Strüktür oluşumu var
	2 : Strüktür oluşumu yok
STR_TIP	0 : Tasnif dışı
	1 : Levhalı (Genellikle A horizonunda bulunur)
	2 : Prizmatik (Genellikle B horizonunda)
	3 : Kolumnar (Genellikle B horizonunda)
	4 : Köşeli blok (Genellikle A ve B horizonund)

	5 : Yarı köşeli blok (Genellikle A ve B horizon)
	6 : Granüler (Genellikle A horizonunda)
	7 : Süngerimsi (Genellikle A horizonunda)
	8 : Masif
	9 : Teksel
STR_BUY	0 : Tasnif dışı
	1 : Küçük
	2 : Orta
	3 : İri
STR_DAY	0 : Tasnif dışı
	1 : Zayıf
	2 : Orta
	3 : Kuvvetli
YAPISKAN	0 : Tasnif dışı
	1 : Yapışkan değil
	2 : Az yapışkan
	3 : Yapışkan
	4 : Çok yapışkan
PLASTIK	0 : Tasnif dışı
	1 : Plastik değil
	2 : Az plastik
	3 : Plastik
	4 : Çok plastik
KIREC	0 : Tasnif dışı
	1 : Kireçsiz
	2 : Az kireçli
	3 : Kireçli
	4 : Çok kireçli
PH	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
REAKSIYON	0 : Tasnif dışı
	1 : Nötral (pH 6.6-7.3)
	2 : Zayıf alkali (pH 7.4-7.8)
	3 : Orta alkali (pH 7.9-8.4)
	4 : Kuvvetli alkali (pH 8.5-9.0)
EC	0 : Tasnif dışı / Rakamsal değeri
TUZLULUK	0 : Tasnif dışı
	1 : Tuzsuz (0-2 dS/m)
	2 : Çok az tuzlu (2-4 dS/m)
	3 : Az tuzlu (4-8 dS/m)
	4 : Orta tuzlu (8-16 dS/m)

	5 : Çok tuzlu (≥ 16 dS/m)
ANA_MAT1	0 : Tasnif dışı
	1 : Yerinde ayrılmış
	2 : Taşınmış
	3 : Organik materyal
	4 : Karşıtlık materyalleri
ANA_MAT2	0 : Tasnif dışı
	1 : Tortul
	2 : Püskürük
	3 : Metamorfik
	4 : Suyla taşınmış ve depolanmış
	5 : Rüzgarla taşınmış ve depolanmış
	6 : Yer çekimi ve buzullarla taşınmış ve depolanmış
A_M_ZONE	0 : Tasnif dışı
	1 : Üst zon
	2 : Orta zon
	3 : Alt zon
AYKIRI	0 : Tasnif dışı
	1 : Aykırı katman var
	2 : Aykırı katman yok
AYKIRI2	0 : Tasnif dışı
	1 : Kumlu katman
	2 : Killi katman
	3 : Çakıllı-taşlı katman
	4 : Organik materyal katmanı
PEDO_GOR	0 : Tasnif dışı
	1 : Pedolojik görünüm var
	2 : Pedolojik görünüm yok
PEDO_GOR2	0 : Tasnif dışı
	1 : Kireç birikimi
	2 : Kil birikimi
	3 : Mangan birikimi
	4 : Demir birikimi
	5 : CaCO ₃ birikimi
KESIK	0 : Tasnif dışı
	1 : Kesilme var
	2 : Kesilme yok
KESIK2	0 : Tasnif dışı
	1 : Renk değişimi var
	2 : Tekstür değişimi var

	3 : Minerolojik değişim var
	4 : Renk ve tekstür değişimi var

4.1.2 Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri ve korelasyon analizleri

Veri tabanı düzenlemesi ve pedolojik dönüşümleri yapılan toprak özelliklerinin her bir derinlik için bazı tanımlayıcı istatistikleri SPSS yazılımının “univariate analizi” kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar her bir derinlik için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu analizleri yapmaktaki ana amaçlar, elimizde bulunan değişkenlerin arazinin farklılıklarını ortaya çıkarmakta ne kadar etkili olacağının, ne kadar araziye temsil ettiğinin, homojenliğinin ve güvenilirliğinin araştırılmasıdır. Bu konuda bize yardımcı olacak en önemli kriterlerden biri varyasyon katsayısıdır. Varyasyon katsayısının artmasıyla değişkenliğin de arttığı bilinmektedir. Mulla ve Mc Bratney (2001) toprak özelliklerini varyasyon katsayılarına göre üç gruba ayırmışlardır. Varyasyon katsayısı 15’den küçük olanlar az değişken, 16–35 arası olanlar orta derecede değişken ve 36’dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılmışlardır.

Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi araştırma alanı topraklarının 0–30 cm derinliği için varyasyon katsayısı en düşük olan değişken “STR_TIP (Strüktür tipi)”dir. En yüksek varyasyon katsayısı ise “A_M_ZONE (Ana materyal zonu)” değişkeninde bulunmuştur. Yüzey horizonu için diğer toprak özelliklerinden “SINIR_F, SINIR_T, ORG_MAT, DRENAJ, STR, ANA_MAT1, ANA_MAT2, AYKIRI, AYKIRI2, PEDO_GOR, PEDO_GOR2, KESIK, KESIK2” değişkenleri için ayırt edici bir değer bulunmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) dolayı varyasyon katsayısı değerleri program tarafından hesaplanamamıştır. “STR_TIP, DERIN_TT, TOP_RENK, TUZLULUK” özellikleri, diğer toprak özelliklerine göre en az değişkenlik (homojenlik); “RRD2, STR_DAY, YAPISKAN, PLASTIK, REAKSIYON, PR_TASLI, STR_BUY, KIREC” özellikleri orta değişkenlik ve “TEKSTUR, TAS_TIPI, YU_TASLI, A_M_ZONE” yüksek derecede değişkenlik (heterojenlik) göstermektedir.

Veri setlerinin normal dağılıma uygunluğunun göstergelerinden olan çarpıklık ve basıklık değerleri de 0–30 cm derinlik için Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çarpıklık katsayıları -1,50 ile 1,76 (sağa yatık bir dağılım); basıklık katsayıları ise -2 ile 1,11 arasında değişen söz konusu özelliklerin normal dağılıma uygunlukları ayrıca “Kolmogorov-Smirnov” testi uygulanarak da kontrol edilmiştir. Söz konusu bu kontrolün sonucunda; varyasyon katsayıları hesaplanabilen değişkenlerin normal dağılıma uygunluk göstermediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ancak bu değişkenlere ait değerlerin deneysel yarıvaryogramlarının hesaplanmasında transformasyonun herhangi bir avantaj sağlamaması nedeniyle (Başkan 2004) bu değerler dönüştürülmeden bırakılmış ve oldukları gibi jeostatistiksel analizlerde kullanılmışlardır. Varyasyon katsayıları yüzey horizonu için hesaplanamayan yani diğer bir deyişle sabit değerler içerdiği için alansal dağılımlarında bir değişkenlik göstermeyen yukarıda belirtilmiş olan toprak özellikleri jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır. Sonuç olarak üst toprak katmanı hesaplamaları için toplam 16 adet değişken kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Araştırma alanının 0–30 cm derinlik için toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları

	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık	Varyasyon Katsayısı
SINIR_F	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
SINIR_T	1	1	1,00	0,00	0,00	.	.	.
ORG_MAT	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
DRENAJ	1	1	1,00	0,00	0,00	.	.	.
TEKSTUR	3	12	8,21	2,99	8,94	-0,74	-0,61	36,42
DERIN_TT	3	4	3,72	0,45	0,20	-0,97	-1,06	12,13
RRD2	2	3	2,59	0,49	0,24	-0,37	-1,88	19,03
PR_TASLI	2	4	2,50	0,87	0,76	1,15	-0,69	34,75
TAS_TIPI	1	2	1,35	0,48	0,23	0,65	-1,59	35,42
YU_TASLI	2	5	2,99	1,13	1,27	0,40	-1,53	37,79
TOP_RENK	423	543	458,35	49,37	2436,93	1,13	-0,70	10,77
STR	1	1	1,00	0,00	0,00	.	.	.
STR_TIP	5	6	5,75	0,44	0,19	-1,15	-0,69	7,57
STR_BUY	1	3	1,97	0,61	0,37	0,02	-0,29	30,98
STR_DAY	1	2	1,80	0,40	0,16	-1,50	0,26	22,32
YAPISKAN	2	3	2,26	0,44	0,20	1,07	-0,86	19,53
PLASTIK	2	3	2,26	0,44	0,20	1,07	-0,86	19,53
KIREC	1	2	1,17	0,38	0,14	1,76	1,11	32,22
REAKSIYON	1	2	1,65	0,48	0,23	-0,65	-1,59	28,83
TUZLULUK	3	4	3,28	0,45	0,20	0,97	-1,06	13,74
ANA_MAT1	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
ANA_MAT2	4	4	4,00	0,00	0,00	.	.	.
A_M_ZONE	0	3	1,28	1,11	1,24	0,19	-1,36	87,15
AYKIRI	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
AYKIRI2	0	0	,00	0,00	0,00	.	.	.
PEDO_GOR	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
PEDO_GOR2	0	0	,00	0,00	0,00	.	.	.
KESIK	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
KESIK2	0	0	,00	0,00	0,00	.	.	.

Çizelge 4.4. Araştırma alanının 0–30 cm derinlik için toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluk testi sonuçları

	N	Normal Parametreler		Ekstrem Faklılıklar			Kolmogorov-Smirnov Z	P
		Ortalama	Std. Sapma	Kesin	Pozitif	Negatif		
SINIR_F	234	2,00	0,00 ^c					c
SINIR_T	234	1,00	0,00 ^c					c
ORG_MAT	234	2,00	0,00 ^c					c
DRENAJ	234	1,00	0,00 ^c					c
TEKSTUR	234	8,21	2,99	0,26	0,17	-0,26	4,02	0,00
DERIN_TT	234	3,72	0,45	0,45	0,27	-0,45	6,92	0,00
RRD2	234	2,59	0,49	0,39	0,29	-0,39	5,92	0,00
PR_TASLI	234	2,50	0,87	0,47	0,47	-0,28	7,14	0,00
TAS_TIPI	234	1,35	0,48	0,42	0,42	-0,26	6,42	0,00
YU_TASLI	234	2,99	1,13	0,36	0,36	-0,26	5,51	0,00
TOP_RENK	234	458,35	49,37	0,44	0,44	-0,24	6,68	0,00
STR	234	1,00	0,00 ^c					
STR_TIP	234	5,75	0,44	0,47	0,28	-0,47	7,14	0,00
STR_BUY	234	1,97	0,61	0,32	0,31	-0,32	4,88	0,00
STR_DAY	234	1,80	0,40	0,49	0,31	-0,49	7,51	0,00
YAPISKAN	234	2,26	0,44	0,46	0,46	-0,27	7,04	0,00
PLASTIK	234	2,26	0,44	0,46	0,46	-0,27	7,04	0,00
KIREC	234	1,17	0,38	0,50	0,50	-0,33	7,71	0,00
REAKSIYON	234	1,65	0,48	0,42	0,26	-0,42	6,42	0,00
TUZLULUK	234	3,28	0,45	0,45	0,45	-0,27	6,92	0,00
ANA_MAT1	234	2,00	0,00 ^c					c
ANA_MAT2	234	4,00	0,00 ^c					c
A_M_ZONE	234	1,28	1,11	0,22	0,22	-0,19	3,37	0,00
AYKIRI	234	2,00	0,00 ^c					c
AYKIRI2	234	0,00	0,00 ^c					c
PEDO_GOR	234	2,00	0,00 ^c					c
PEDO_GOR2	234	0,00	0,00 ^c					c
KESIK	234	2,00	0,00 ^c					c
KESIK2	234	0,00	0,00 ^c					c

* $p > 0,05$ ise 0,05 düzeyde normal dağılım göstermektedir.

c. Bu değişken için dağılımda varyans yoktur. Kolmogorov-Smirnov testi bu sebeple uygulanamamıştır.

30–90 cm derinlik için hesaplanan tanımlayıcı istatistik sonuçlarına bakıldığında (Çizelge 4.5), varyasyon katsayısı için en düşük olan değişken “TOP_RENK”dir. En yüksek varyasyon katsayısı ise “KESIK2 ve PEDO_GOR2” değişkenlerinde bulunmuştur. Bu horizon için toprak özelliklerinden “SINIR_F, SINIR_T, ORG_MAT, DRENAJ, STR, STR_BUY, STR_TIP, STR_DAY, ANA_MAT1, ANA_MAT2” değişkenleri için ayırt edici bir değer bulunmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) dolayı varyasyon katsayısı değerleri program tarafından hesaplanamamıştır. “DERIN_TT, TOP_RENK” özellikleri, diğer toprak özelliklerine göre en az değişkenlik (homojenlik); “RRD2, PR_TASLI, TUZLULUK, AYKIRI, AYKIRI2, PEDO_GOR, KESIK” özellikleri orta değişkenlik; “TEKSTUR, TAS_TIPI, YU_TASLI, YAPISKAN, PLASTIK, KIREC, REAKSIYON, A_M_ZONE, PEDO_GOR2, KESIK2” özellikleri ise yüksek derecede değişkenlik (heterojenlik) göstermektedir. Bir üst derinlikte yüksek derecede değişkenlik gösteren özelliklere bu derinlikte yukarıda sözü geçen birçok başka özellik daha eklenmiş ve bu derinlikte toprak özellikleri arasında heterojenliğin arttığı gözlenmiştir. Homojen dağılım gösteren özellikler azalırken, orta değişkenlik gösteren özelliklerin bir kısmı yüksek derecede değişkenlik göstermeye başlamıştır.

Veri setlerinin normal dağılıma uygunluğunun göstergelerinden olan çarpıklık ve basıklık değerleri de 30–90 cm derinlik için Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çarpıklık katsayıları -2,80 ile 2,80; basıklık katsayıları ise -1,89 ile 5,89 arasında değişen söz konusu özelliklerin normal dağılıma uygunlukları ayrıca Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak da kontrol edilmiştir. Söz konusu bu kontrolün sonucunda; varyasyon katsayıları hesaplanabilen değişkenlerin normal dağılıma uygunluk göstermediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Yine aynı şekilde varyasyon katsayıları 30–90 cm derinliği için hesaplanamayan yani diğer bir deyişle sabit değerler içerdiği için alansal dağılımlarında bir değişkenlik göstermeyen yukarıda belirtilmiş olan toprak özellikleri de jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır. Sonuç olarak 30–90 cm derinliği hesaplamaları için toplam 19 adet değişken kullanılmıştır.

Çizelge 4.5. Araştırma alanının 30–90 cm derinlik için toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları

	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık	Varyasyon Katsayısı
SINIR_F	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
SINIR_T	1	1	1,00	0,00	0,00	.	.	.
ORG_MAT	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
DRENAJ	1	1	1,00	0,00	0,00	.	.	.
TEKSTUR	3	10	6,12	3,10	9,62	0,09	-1,83	50,72
DERIN_TT	3	4	3,72	0,45	0,20	-0,97	-1,06	12,13
RRD2	2	3	2,59	0,49	0,24	-0,37	-1,88	19,03
PR_TASLI	3	5	3,88	0,67	0,45	0,15	-0,79	17,27
TAS_TIPI	1	2	1,35	0,48	0,23	0,65	-1,59	35,42
YU_TASLI	2	5	2,99	1,13	1,27	0,40	-1,53	37,79
TOP_RENK	431	553	481,97	56,54	3196,21	0,31	-1,89	11,73
STR	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
STR_TIP	8	8	7,99	0,00	0,00	.	.	.
STR_BUY	0	0	,01	0,00	0,00	.	.	.
STR_DAY	0	0	,01	0,00	0,00	.	.	.
YAPISKAN	0	3	1,70	1,14	1,31	-0,54	-1,16	67,27
PLASTIK	0	3	1,50	1,16	1,35	-0,03	-1,46	77,45
KIREC	1	3	1,34	0,75	0,56	1,76	1,11	55,97
REAKSIYON	0	3	2,26	0,87	0,76	-1,40	1,59	38,50
TUZLULUK	0	3	2,72	0,88	0,77	-2,80	5,89	32,28
ANA_MAT1	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
ANA_MAT2	4	4	4,00	0,00	0,00	.	.	.
A_M_ZONE	0	3	1,28	1,11	1,24	0,19	-1,36	87,15
AYKIRI	1	2	1,09	0,29	0,08	2,80	5,89	26,60
AYKIRI2	0	3	2,72	0,88	0,77	-2,80	5,89	32,35
PEDO_GOR	1	2	1,65	0,48	0,23	-0,65	-1,59	28,83
PEDO_GOR2	0	3	1,04	1,43	2,05	0,65	-1,59	137,73
KESIK	1	2	1,74	0,44	0,19	-1,07	-0,86	25,29
KESIK2	0	3	0,45	0,90	0,81	2,08	3,16	200

Çizelge 4.6. Araştırma alanının 30–90 cm derinlik için toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluk testi sonuçları

	N	Normal Parametreler		Ekstrem Faklılıklar			Kolmogorov-Smirnov Z	P
		Ortalama	Std. Sapma	Kesin	Positif	Negatif		
SINIR_F	234	2,00	0,00 ^c					c
SINIR_T	234	1,00	0,00 ^c					c
ORG_MAT	234	2,00	0,00 ^c					c
DRENAJ	234	1,00	0,00 ^c					c
TEKSTUR	234	6,12	3,10	0,32	0,32	-0,24	4,97	0,00
DERIN_TT	234	3,72	0,45	0,45	0,26	-0,45	6,91	0,00
RRD2	234	2,59	0,49	0,38	0,29	-0,38	5,92	0,00
PR_TASLI	234	3,88	0,67	0,28	0,26	-0,28	4,26	0,00
TAS_TIPI	234	1,35	0,47	0,42	0,42	-0,26	6,42	0,00
YU_TASLI	234	2,99	1,12	0,36	0,36	-0,26	5,51	0,00
TOP_RENK	234	481,97	56,54	0,33	0,33	-0,29	4,99	0,00
STR	234	2,00	0,00 ^c					c
STR_TIP	234	8	0,00 ^c					c
STR_BUY	234	,00	0,00 ^c					c
STR_DAY	234	,00	0,00 ^c					c
YAPISKAN	234	1,70	1,14	0,32	0,21	-0,32	4,91	0,00
PLASTIK	234	1,50	1,16	0,18	0,18	-0,18	2,81	0,00
KIREC	234	1,34	0,76	0,50	0,50	-0,32	7,71	0,00
REAKSIYON	234	2,26	0,87	0,29	0,20	-0,29	4,39	0,00
TUZLULUK	234	2,72	0,87	0,53	0,37	-0,53	8,13	0,00
ANA_MAT1	234	2,00	0,00 ^c					c
ANA_MAT2	234	4,00	0,00 ^c					c
A_M_ZONE	234	1,28	1,11	0,22	0,22	-0,19	3,37	0,00
AYKIRI	234	1,09	0,29	0,53	0,53	-0,37	8,13	0,00
AYKIRI2	234	2,72	0,87	0,53	0,37	-0,53	8,13	0,00
PEDO_GOR	234	1,65	0,47	0,42	0,26	-0,42	6,42	0,00
PEDO_GOR2	234	1,04	1,43	0,42	0,42	-0,26	6,42	0,00
KESIK	234	1,74	0,44	0,46	0,27	-0,46	7,04	0,00
KESIK2	234	0,45	0,90	0,43	0,43	-0,31	6,53	0,00

* $p > 0,05$ ise 0,05 düzeyde normal dağılım göstermektedir.

c. Bu değişken için dağılımda varyans yoktur. Kolmogorov-Smirnov testi bu sebeple uygulanamamıştır.

Çizelge 4.7’de görüldüğü üzere 90+ cm derinlik için varyasyon katsayısı için en düşük olan değişken DERIN_TT’dir. En yüksek varyasyon katsayısı ise SINIR_F ve SINIR_T değişkenlerinde bulunmuştur. Ancak, diğer derinliklerde hesaplanamamış olan bu toprak özelliklerinin varyasyon katsayısının bu derinlik için hesaplanabilmiş olmasının sebebi farklıdır. Araştırma alanında açılan profil çukurlarında noktanın bu derinlik için yoğun taşlı-çakıllı bir katmana gelinmiş olması sebebiyle veri elde edilmemiştir. Bu sebeple de bu noktalar için Tasnif dışı anlamına gelen “0” değeri girilmiştir. Bu değer girilmesi de söz konusu derinlik için sabit değer yokmuş gibi göstermiş ve varyasyon katsayısının hesaplanabilirliğini sağlamıştır. Ancak biliniyor ki bu derinlik için de bu değişkende sabit değerler (yani her bir noktada aynı olan değerler) geçerlidir ve bu özelliklerin toprak çeşitliliğini ayırt edici katman olarak alınmasına gerek yoktur. Bu sebeple bu özelliklerin jeostatistiksel analizlere sokularak hesaplamalarının yapılmasına rağmen (Çizelge 4.12) jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır.

Bu derinlik için toprak özelliklerinden ‘STR, STR_BUY, STR_DAY, REAKSIYON, TUZLULUK’ değişkenleri için ayırt edici bir değer bulunmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) dolayı varyasyon katsayısı hesaplanamamıştır. ‘DERIN_TT, ANA_MAT1, ORG_MAT’ özellikleri, diğer toprak özelliklerine göre en az değişkenlik; ‘RRD2, ANA_MAT2, PEDO_GOR’ özellikleri orta değişkenlik; geri kalan diğer özelliklerin de yüksek derecede değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Bu derinlikte homojenlik gösteren özelliklerin daha da azaldığı, dolayısıyla heterojenliğin arttığı görülmektedir. Sonuç olarak yapılan bu istatistiksel analizlerden, horizon boyunca derine inildikçe değişkenlerin alandaki dağılımlarında heterojenliğin arttığı tespit edilmiştir.

Veri setlerinin normal dağılıma uygunluğunun göstergelerinden olan çarpıklık ve basıklık değerleri de 90+ cm derinlik için Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çarpıklık katsayıları -2,80 ile 3,09; basıklık katsayıları ise -1,98 ile 7,59 arasında değişen söz konusu özelliklerin normal dağılıma uygunlukları da Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak da kontrol edilmiştir (Çizelge 4.8). Aynı şekilde, varyasyon katsayıları bu derinlik için hesaplanamayan yani diğer bir deyişle sabit değerler içerdiği için alansal dağılımlarında bir

değişkenlik göstermeyen yukarıda belirtilmiş olan toprak özellikleri de bu derinlik için jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır. Sonuç olarak 90+ cm derinliği hesaplamaları için ilk olarak 24 adet değişken kullanılmıştır ancak yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı SINIR_F ve SINIR_T değişkenleri jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılamadığından dolayı bu derinlik için toplam 22 adet değişken kullanılmıştır.

Çizelge 4.7. Araştırma alanının 90+ cm derinlik için toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları

	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık k	Basıklık	Varyasyon Katsayısı
SINIR_F	0	2	0,50	0,87	0,76	1,15	-0,69	172,59
SINIR_T	0	1	0,25	0,44	0,19	1,15	-0,69	172,59
ORG_MAT	1	2	1,92	0,27	0,07	-3,08	7,59	14,06
DRENAJ	1	3	1,16	0,55	0,30	3,09	7,59	47,10
TEKSTUR	0	12	4,61	4,53	20,51	0,67	-1,21	98,32
DERIN_TT	3	4	3,72	0,45	0,20	-0,97	-1,06	12,13
RRD2	2	3	2,59	0,49	0,24	-0,37	-1,88	19,03
PR_TASLI	1	5	3,32	1,35	1,81	-0,32	-0,78	40,61
TAS_TIPI	0	2	1,18	0,70	0,49	-0,25	-0,94	59,47
YU_TASLI	2	5	2,99	1,13	1,27	0,40	-1,53	37,79
TOP_RENK	0	546	339,92	264,47	69944,70	-0,51	-1,75	77,80
STR	2	2	2,00	0,00	0,00	.	.	.
STR_TIP	0	8	5,74	3,61	13,02	-0,97	-1,06	62,81
STR_BUY	0	0	0,00	0,00	0,00	.	.	.
STR_DAY	0	0	0,00	0,00	0,00	.	.	.
YAPISKAN	0	3	1,45	1,19	1,41	-0,20	-1,55	81,88
PLASTIK	0	3	1,45	1,19	1,41	-0,20	-1,55	81,88
KIREC	1	3	1,34	0,75	0,57	1,76	1,11	56,23
REAKSIYON	0	0	0,00	0,00	0,00	.	.	.
TUZLULUK	0	0	0,00	0,00	0,00	.	.	.
ANA_MAT1	1	2	1,91	0,29	0,09	-2,80	5,89	15,35
ANA_MAT2	1	4	3,72	0,88	0,77	-2,80	5,89	23,60
A_M_ZONE	0	3	1,28	1,11	1,24	0,19	-1,36	87,15
AYKIRI	1	2	1,37	0,48	0,23	0,53	-1,73	35,03
AYKIRI2	0	4	1,97	1,53	2,36	-0,42	-1,64	77,66
PEDO_GOR	1	2	1,45	0,50	0,25	0,19	-1,98	34,33
PEDO_GOR2	0	3	1,55	1,44	2,07	-0,09	-1,93	92,97
KESIK	1	2	1,28	0,45	0,20	0,97	-1,06	35,18
KESIK2	0	4	1,67	1,41	2,00	0,43	-0,93	84,85

Çizelge 4.8. Araştırma alanının 90+ cm derinlik için toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluk testi sonuçları

	N	Normal Parametreler		Ekstrem Faklılıklar			Kolmogorov-Smirnov Z	P
		Ortalama	Std. Sapma	Kesin	Positif	Negatif		
SINIR_F	234	0,50	0,87	0,46	0,46	-0,28	7,13	0,00
SINIR_T	234	0,25	0,43	0,46	0,46	-0,28	7,13	0,00
ORG_MAT	234	1,92	0,27	0,53	0,38	-0,53	8,19	0,00
DRENAJ	234	1,16	0,54	0,53	0,53	-0,38	8,19	0,00
TEKSTUR	234	4,61	4,52	0,34	0,34	-0,21	5,25	0,00
DERIN_TT	234	3,72	0,45	0,45	0,26	-0,45	6,91	0,00
RRD2	234	2,59	0,49	0,38	0,29	-0,38	5,92	0,00
PR_TASLI	234	3,32	1,34	0,23	0,21	-0,23	3,61	0,00
TAS_TIPI	234	1,18	0,69	0,25	0,25	-0,23	3,86	0,00
YU_TASLI	234	2,99	1,12	0,36	0,36	-0,26	5,51	0,00
TOP_RENK	234	339,92	264,47	0,40	0,27	-0,40	6,17	0,00
STR	234	2,00	0,00 ^c					c
STR_TIP	234	5,74	3,60	0,45	0,26	-0,45	6,91	0,00
STR_BUY	234	0,00	0,00 ^c					c
STR_DAY	234	0,00	0,00 ^c					c
YAPISKAN	234	1,45	1,18	0,30	0,26	-0,30	4,63	0,00
PLASTIK	234	1,45	1,18	0,30	0,26	-0,30	4,63	0,00
KIREC	234	1,34	0,75	0,50	0,50	-0,32	7,70	0,00
REAKSIYON	234	0,00	0,00 ^c					c
TUZLULUK	234	0,00	0,00 ^c					c
ANA_MAT1	234	1,91	0,29	0,53	0,37	-0,53	8,13	0,00
ANA_MAT2	234	3,72	0,87	0,53	0,37	-0,53	8,13	0,00
A_M_ZONE	234	1,28	1,11	0,22	0,22	-0,19	3,37	0,00
AYKIRI	234	1,37	0,48	0,40	0,40	-0,27	6,22	0,00
AYKIRI2	234	1,97	1,53	0,37	0,27	-0,37	5,77	0,00
PEDO_GOR	234	1,45	0,49	0,36	0,36	-0,31	5,58	0,00
PEDO_GOR2	234	1,55	1,43	0,31	0,31	-0,29	4,77	0,00
KESIK	234	1,28	0,45	0,45	0,45	-0,26	6,91	0,00
KESIK2	234	1,67	1,41	0,20	0,20	-0,15	3,15	0,00

* $p > 0,05$ ise 0,05 düzeyde normal dağılım göstermektedir.

c. Bu değişken için dağılımda varyans yoktur. Kolmogorov-Smirnov testi bu sebeple uygulanamamıştır.

Tanımlayıcı istatistikleri incelenen ve normal dağılıma uygunlukları test edilen değişkenler arasından her bir derinlik için istatistiksel hesaplamalar sonucunda seçilen uygun toprak özelliklerinin birbirleri ile olan ilişkileri korelasyon analizi yapılarak incelenmiştir. Bu amaçla, Spearman'ın korelasyon katsayısı ile bivariate korelasyon analizi her bir derinlik için ayrı ayrı SPSS 17.0 yazılımı kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4.9, 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Araştırma alanında 0–30 cm derinlik için seçilen toprak özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları

	TEKSTUR	DERIN_TT	RRD2	PR_TASLI	TAS_TIPI	YU_TASLI	TOP_RENK	STR_TIP	STR_BUY	STR_DAY	YAPISKAN	PLASTIK	KIREC	REAKSIYO N	TUZLULUK	A_M_ZONE
TEKSTUR	1,000															
DERIN_TT	,556**	1,000														
RRD2	,806**	,423**	1,000													
PR_TASLI	,374**	,364**	,484**	1,000												
TAS_TIPI	,489**	,456**	,607**	,798**	1,000											
YU_TASLI	-,239**	-,278**	-,026	,617**	,422**	1,000										
TOP_RENK	,246**	,419**	,207**	,773**	,846**	,413**	1,000									
STR_TIP	-,374**	-,364**	-,484**	-1,000**	-,798**	-,617**	-,773**	1,000								
STR_BUY	,348**	-,038	,632**	,035	,044	,053	-,470**	-,035	1,000							
STR_DAY	,244**	-,314**	,601**	,291**	,365**	,440**	-,095	-,291**	,807**	1,000						
YAPISKAN	,419**	,376**	,501**	-,349**	,011	-,492**	-,419**	,349**	,660**	,301**	1,000					
PLASTIK	,419**	,376**	,501**	-,349**	,011	-,492**	-,419**	,349**	,660**	,301**	1,000**	1,000				
KIREC	,305**	,285**	,379**	-,264**	-,330**	-,398**	-,670**	,264**	,759**	,228**	,756**	,756**	1,000			
REAKSIYON	-,489**	-,456**	-,607**	-,798**	-1,000**	-,422**	-,846**	,798**	-,044	-,365**	-,011	-,011	,330**	1,000		
TUZLULUK	-,556**	-,1000**	-,423**	-,364**	-,456**	,278**	-,419**	,364**	,038	,314**	-,376**	-,376**	-,285**	,456**	1,000	
A_M_ZONE	-,254**	-,425**	-,210**	-,684**	-,858**	-,342**	-,987**	,684**	,476**	,097	,328**	,328**	,679**	,858**	,425**	1,000

*0,05 düzeyinde önemli ** 0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.10. Araştırma alanında 30–90 cm derinlik için seçilen toprak özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları

	TEKSTUR	DERIN_TT	RRD2	PR_TASLI	TAS_TIPI	YU_TASLI	TOP_RENK	YAPISKAN	PLASTIK	KIREC	REAKSIYON	TUZZULUK	A_M_ZONE	AYKIRI	AYKIRI2	PEDO_GOR	PEDO_GOR ₂	KESIK	KESIK2
TEKSTUR	1																		
DERIN_TT	,631**	1																	
RRD2	,839**	,423**	1																
PR_TASLI	,445**	-,116	,454**	1															
TAS_TIPI	,571**	,456**	,607**	-,160*	1														
YU_TASLI	-,057	-,277**	-,025	,139*	,423**	1													
TOP_RENK	,791**	,566**	,739**	,675**	,450**	,192**	1												
YAPISKAN	,788**	,934**	,527**	,052	,364**	-,408**	,579**	1											
PLASTIK	,951**	,811**	,727**	,277**	,484**	-,250**	,721**	,939**	1										
KIREC	,570**	,285**	,379**	,760**	-,330**	-,398**	,572**	,517**	,588**	1									
REAKSIYON	-,351**	-,529**	-,235**	,670**	-,675**	,125	,100	-,505**	-,444**	,383**	1								
TUZZULUK	-,404**	-,202**	-,269**	,420**	-,443**	,230**	,217**	-,367**	-,417**	,146*	,838**	1							
A_M_ZONE	-,114	-,407**	-,175**	,631**	-,837**	-,339**	-,034	-,184**	-,138*	,704**	,763**	,370**	1						
AYKIRI	,404**	,202**	,269**	-,420**	,443**	,230**	,217**	-,367**	,417**	-,146*	-,838**	1,000**	-,370**	1					
AYKIRI2	-,404**	-,202**	-,269**	,420**	-,443**	,230**	,217**	-,367**	-,417**	-,146*	-,838**	1,000**	-,370**	1,000**	1				
PEDO_GOR	-,571**	-,456**	-,607**	-,160*	1,000**	-,423**	-,450**	-,364**	-,484**	-,330**	-,675**	-,443**	-,837**	-,443**	-,443**	1			
PEDO_GOR2	-,571**	-,456**	-,607**	-,160*	1,000**	-,423**	-,450**	-,364**	-,484**	-,330**	-,675**	-,443**	-,837**	-,443**	-,443**	1,000**	1		
KESIK	-,753**	-,376**	-,501**	-,371**	-,011	,492**	-,344**	-,683**	-,777**	-,756**	-,227**	-,537**	-,355**	-,537**	-,537**	-,011	-,011	1	
KESIK2	,631**	,315**	,419**	-,091	,292**	-,390**	,028	,572**	,650**	,276**	-,654**	-,911**	-,066	,911**	-,911**	-,292**	,292**	-,837**	1

*0,05 düzeyinde önemli ** 0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.11. Araştırma alanında 90+ cm derinlik için seçilen toprak özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları

	ORG_MAT	TEKSTUR	DERIN_TT	RRD2	PR_TASLI	TAS_TIPI	YU_TASLI	TOP_RENK	YAPISKAN	PLASTIK	KIREC	A_M_ZONE	AYKIRI	AYKIRI2	PEDO_GOR	PEDO_GOR2	KESIK	KESIK2	DRENAJ	STR_TIP	ANA_MAT1	ANA_MAT2
ORG_MAT	1																					
TEKSTUR	-,421**	1																				
DERIN_TT	-,186**	,639**	1																			
RRD2	,356**	-,144*	,423**	1																		
PR_TASLI	,070	-,223**	-,785**	-,437**	1																	
TAS_TIPI	,075	,179**	,157*	,210**	,406**	1																
YU_TASLI	,261**	-,528**	-,277**	-,025	,358**	,503**	1															
TOP_RENK	-,230**	,275**	,807**	,233**	-,828**	-,081	-,116	1														
YAPISKAN	-,390**	,466**	,767**	-,014	-,718**	-,111	-,246**	,950**	1													
PLASTIK	-,390**	,466**	,767**	-,014	-,718**	-,111	-,246**	,950**	1,000**	1												
KIREC	,135*	-,161*	,285**	,379**	-,783**	-,765**	,398**	,351**	,211**	,211**	1											
A_M_ZONE	,074	-,426**	-,407**	,175**	,202**	,951**	,339**	,157*	-,169**	,169**	,704**	1										
AYKIRI	,229**	,165*	,482**	,138**	-,181**	,555**	,338**	,599**	,567**	,567**	-,349**	-,662**	1									
AYKIRI2	-,394**	-,081	-,422**	-,194**	-,158*	,537**	,366**	,525**	-,466**	,466**	,306**	,612**	-,985**	1								
PEDO_GOR	,271**	-,700**	-,689**	-,096	,118	,721**	-,051	-,464**	-,534**	,499**	,900**	-,700**	,613**	1								
PEDO_GOR2	-,301**	,621**	,676**	,045	-,156*	,673**	,099	,567**	,635**	,635**	-,489**	-,862**	-,779**	-,682**	1							
KESIK	,186**	-,639**	1,000**	-,423**	-,785**	-,157*	,277**	-,807**	-,767**	-,767**	-,285**	-,407**	-,422**	-,689**	-,676**	1						
KESIK2	-,492**	,853**	,740**	-,172**	-,359**	,233**	-,320**	,641**	,806**	,806**	-,215**	-,519**	-,533**	-,831**	-,850**	-,740**	1					
DRENAJ	1,000**	,421**	,186**	-,356**	-,070	-,075	-,230**	,390**	,390**	,390**	-,135*	-,074	-,229**	-,394**	-,301**	-,186**	,492**	1				
STR_TIP	-,186**	,639**	1,000**	,423**	-,785**	,157*	-,277**	,807**	,767**	,767**	,285**	-,407**	-,422**	-,689**	1,000**	-,740**	,186**	1				
ANA_MAT1	-,096	-,527**	-,202**	-,269**	-,164*	,381**	-,230**	,415**	,394**	,394**	,146*	,370**	,248**	-,217**	-,293**	-,102	,202**	-,076	,096	-,202**	1	
ANA_MAT2	-,096	-,527**	-,202**	-,269**	-,164*	,381**	-,230**	,415**	,394**	,394**	,146*	,370**	,248**	-,217**	-,293**	-,102	,202**	-,076	,096	-,202**	1,000**	1

*0,05 düzeyinde önemli ** 0,01 düzeyinde önemli

Veriler teorik normal dağılışa uygun olmadıkları için Pearson katsayısı yerine Spearman korelasyon katsayısı kullanılarak hesaplanmışlardır. Bu analizin sonuçlarını; $|D| = 1$ ise tam ilişki, $D=0$ ise ilişki yok; $0,5 \leq |D| < 1$ ise kuvvetli ilişki, $0 < |D| < 0,5$ ise zayıf ilişki şeklinde yorumlayabiliriz (Şahinler 2004). Buna göre;

- Yüzey toprağı (0–30 cm derinlik) için korelasyon analizi sonuçlarına bakıldığında; toprak derinliği ile tekstür arasında kuvvetli pozitif, tuzluluk arasında negatif tam ilişki; kök kısıtlayıcı derinlik ile tekstür, taş tipi, strüktür büyüklüğü ve dayanıklılığı, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif; profil taşlılığı ile taş tipi, yüzey taşlılığı vetoprak rengi arasında kuvvetli pozitif, strüktür tipi arasında negatif tam ilişki; taş tipi ile toprak rengi, profil taşlılığı ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif, reaksiyon arasında negatif tam ilişki; yüzey taşlılığı ile profil taşlılığı arasında kuvvetli pozitif ilişki; toprak rengi ile profil taşlılığı ve taş tipi arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür tipi ile reaksiyon ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki, profil taşlılığı arasında negatif tam ilişki; strüktür büyüklüğü ile strüktür dayanıklılığı, yapışkanlık, plastiklik, kireç ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür dayanıklılığı ile strüktür dayanıklılığı ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; yapışkanlık ile plastiklik arasında pozitif tam ilişki, kireç, strüktür büyüklüğü ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; plastiklikle yapışkanlık arasında pozitif tam ilişki, kireç, strüktür büyüklüğü ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; kireç ile strüktür büyüklüğü, yapışkanlık, plastiklik ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki; reaksiyon ile strüktür tipi ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki, taş tipi arasında negatif tam ilişki; derinlik arasında negatif tam ilişki; ana materyal bölgelemesi ile de reaksiyon, strüktür tipi ve kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki varlığı tespit edilmiştir.

- Orta derinlikte (30–90 cm) ise; tekstür ile toprak derinliği, kök kısıtlayıcı derinlik, toprak rengi, yapışkanlık, plastiklik ve kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki; toprak derinliği ile toprak rengi, yapışkanlık, plastiklik ve tekstür arasında kuvvetli pozitif ilişki; kök kısıtlayıcı derinlik ile taş tipi, toprak rengi, yapışkanlık, plastiklik ve tekstür arasında

kuvvetli pozitif ilişki; profil taşlılığı ile kireç, reaksiyon ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki; taş tipi ile horizontdaki pedolojik görünüm çeşitleri arasında pozitif tam ilişki, pedolojik görünüm varlığı/yokluğu arasında negatif tam ilişki, kök kısıtlayıcı derinlik ile kuvvetli pozitif ilişki; toprak rengi ile tekstür, derinlik, kök kısıtlayıcı derinlik, yapışkanlık, plastiklik, kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür tipi ile büyüklük ve dayanıklılık arasında negatif tam ilişki; strüktür büyüklüğü ile dayanıklılığı arasında pozitif tam ilişki, tipi arasında negatif tam ilişki; strüktür dayanıklılığı ile büyüklüğü arasında pozitif tam, tip arasında negatif tam ilişki; yapışkanlık ile plastiklik, tekstür, derinlik, toprak rengi, kireç ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; plastiklik ile yapışkanlık, tekstür, derinlik, kök kısıtlayıcı derinlik, renk ve kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki; kireç ile profil taşlılığı, renk, tekstür, yapışkanlık, plastiklik ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki; reaksiyon ile profil taşlılığı, tuzluluk, ana materyal bölgelemesi ve pedolojik görünüm varlığı/yokluğu arasında kuvvetli pozitif ilişki; tuzluluk ile reaksiyon arasında kuvvetli pozitif ilişki; ana materyal bölgelemesi ile reaksiyon, kireç ve profil taşlılığı arasında kuvvetli pozitif ilişki; aykırı horizon varlığı/yokluğu ile reaksiyon ve tuzluluk arasında kuvvetli negatif ilişki; aykırı horizon çeşitliliği ile reaksiyon ve tuzluluk arasında kuvvetli pozitif ilişki; pedolojik görünümünün varlığı/yokluğu ile taş tipi arasında negatif tam ilişki, ana materyal bölgelemesi ve reaksiyon arasında kuvvetli pozitif ilişki; pedolojik görünümünün çeşitliliği ile kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki, taş tipi arasında pozitif tam ilişki; katmanlar arası litolojik kesilme çeşidi ile tekstür, renk, yapışkanlık, plastiklik, kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki varlığı tespit edilmiştir.

- En alt derinlikte (90+ cm) toprak özellikleri arasındaki ilişkilere bakıldığında ise; organik materyal varlığı ile drenaj arasında negatif tam ilişki; tekstür ile derinlik, strüktür tipi, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; derinlik ile strüktür tipi arasında pozitif tam ilişki, tekstür, renk, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; taş tipi ile yüzey taşlılığı arasında kuvvetli pozitif ilişki; renk ile derinlik, strüktür tipi, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür tipi ile derinlik arasında pozitif tam ilişki, tekstür, renk, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif

ilişki; yapışkanlık ile plastiklik arasında pozitif tam ilişki, tekstür, derinlik, renk ve strüktür tipi ile kuvvetli pozitif ilişki; ana materyal tanımı ile alt ayırımları arasında pozitif tam ilişki; aykırı horizon varlığı/yokluğu ile taş tipi, renk, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; aykırı horizon çeşitliliği ile ana materyal zonlaması arasında kuvvetli pozitif ilişki varlığı tespit edilmiştir.

4.1.3. Jeostatistiksel hesaplamalar

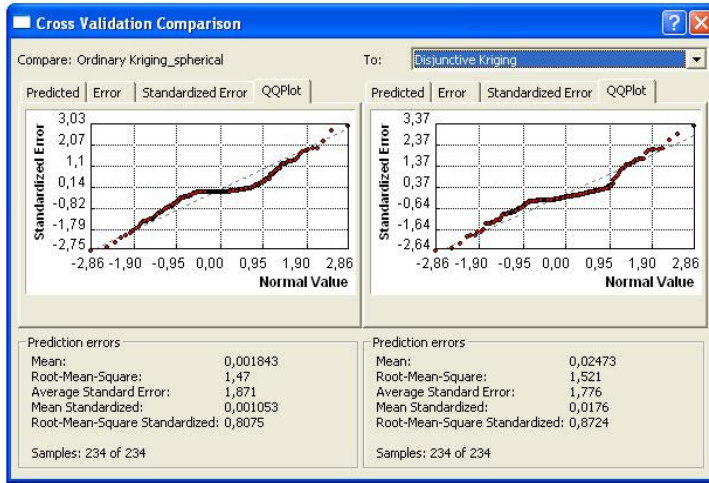
Bu bölümde, bir önceki bölümde değerlendirilen ve güvenilirlikleri test edilerek seçilen noktasal ve farklı derinliklerdeki toprak özellikleri için jeostatistiksel hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamaları yapılan ve uzaysal değişkenlikleri saptanan (semivariogramları oluşturulan) değişkenlerin örneklenmemiş alanlardaki değerleri tahmin edilerek araştırma alanındaki dağılımları belirlenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi jeostatistiksel hesaplamaların tümü için ArcGIS yazılımının ‘Geostatistical Analyst’ modülü kullanılmıştır.

Teorik bilgisi ve çalışma prensipleri Bölüm 2.2’de verilen Kriging İnterpolasyon yönteminin ArcGIS yazılımındaki kullanımı ve semivariogramların hesaplanması oldukça pratiktir. Kriging interpolasyon yönteminden başka 5 farklı interpolasyon seçeneğinin de bulunduğu modülde, Kriging interpolasyon metodunun da 6 farklı çeşidi vardır. Bunlar; ‘Basit (Ordinary Kriging)’, ‘Sade (Simple Kriging)’, ‘Evrensel (Universal Kriging)’, ‘Gösterge (Indicator Kriging)’, ‘Olasılık (Probability Kriging)’, ‘Ayrıştırıcı (Disjunctive Kriging)’ yöntemleridir. Semivariogramların hesaplanması için de 11 ayrı model seçeneği verilmiştir. Bu modeller; Dairesel (Circular), Küresel (Spherical), Dörtlü-küresel (Tetraspherical), Beşli-küresel (Pentaspheical), Üssel (Exponential), Gaussian, Rasyonel ikincil (rational quadratic), Delik etkisi (hole effect), K-Bessel, J-Bessel ve Durağan (Stable) modelleridir.

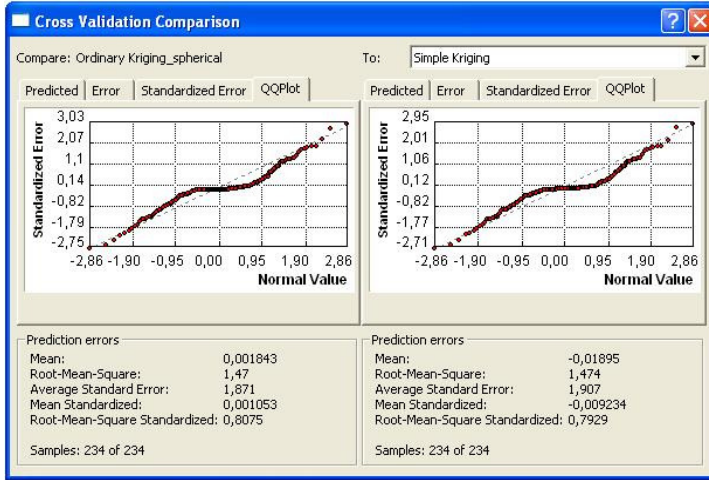
Bu tez çalışması için literatür araştırmalarında da (Di vd 1989, Voltz ve Webster 1990) belirtildiği üzere bu tür çalışmalar için uygun olan interpolasyon yöntemlerinden Kriging

İnterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla öncelikle farklı Kriging interpolasyon çeşitlerinin birbirlerine karşı üstünlüğü (hangisinin daha az hata içerdiği) test edilmiş ve daha sonra da her bir değişken ve derinlik için semivaryogramların hesaplanmasında kullanılan modellerin her biri denenerek en az hata içeren seçenekler pedometrik haritalama için seçilmiştir (Çizelge 4.12).

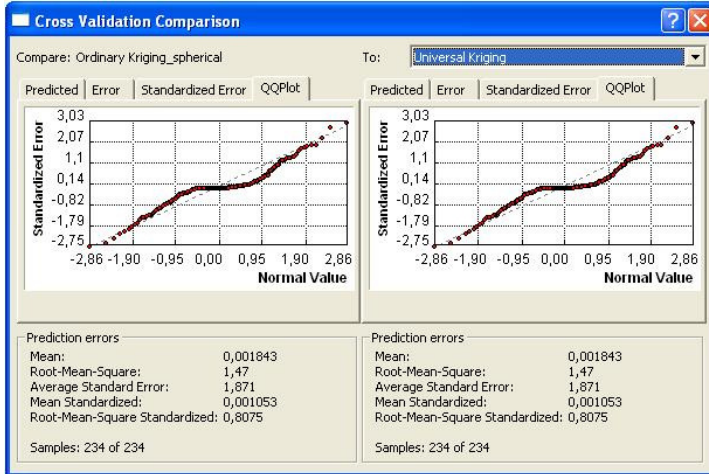
Şekil 4.2a, b ve c’de, Basit (Ordinary Kriging) yönteminin, Ayrıştırıcı (Disjunctive Kriging), Sade (Simple Kriging) ve Evrensel (Universal Kriging) yöntemleriyle karşılaştırıldığında ölçülmüş noktaların verileri kullanarak hesaplanan yeni noktaların değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata sonuçları görülmektedir. Bu sonuçları değerlendirirken tahmin hataları (Prediction errors) kısmında; ortalama (Mean) değerinin 0’a olabildiğince yakın oluşuna, RMS hata olabildiğince küçük oluşuna; ortalama standart hata (Average Standard error) RMS standart hataya (Root-Mean-Square Standardized) olabildiğince yakın oluşuna; ortalama standart hatanın 0’a olabildiğince yakın oluşuna; RMS standart hatanın 1’e olabildiğince yakın oluşuna bakılmaktadır. Bu açıklamalar ışığında değerlendirildiğinde bu çalışmada kullanılan toprak özelliklerinin dağılımlarının tahmininde kullanılan en uygun ve en düşük hatalı yöntemin Basit (Ordinary Kriging) yöntemi olduğuna karar verilmiştir.



a)



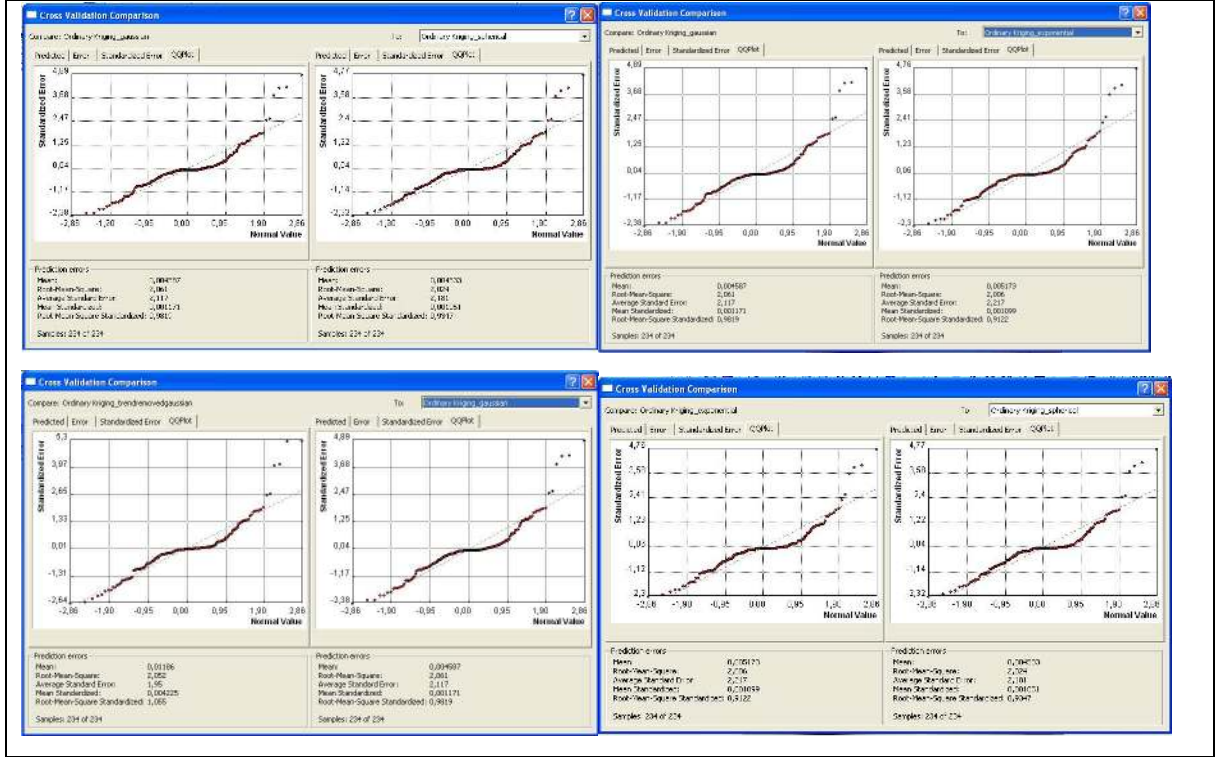
b)



c)

Şekil 4.2. Kriging yöntemlerinin karşılaştırması a) Ordinary-Disjunctive Kriging b) Ordinary-Simple Kriging c) Ordinary-Universal Kriging

Ordinary Kriging yöntemi için denenen farklı semivaryogram modellerinin karşılaştırmasına bakıldığında da bu modellerden özellikle küresel, üssel ve gaussian semivariogram modellerinin düşük hata verdikleri gözlenmiştir (Şekil 4.3). Bu sebeple bütün altlıklar için bu üç farklı modelde hesaplama yapılmış ve özetleri Çizelge 4.12'deki hata tablosunda verilmiştir.



Şekil 4.3. Ordinary Kriging yöntemi içerisinde farklı semivariogram modellerinin karşılaştırılması

Bu tez çalışması için; 234 noktadan arazi çalışması ile başlangıçta toplanan değişken sayısı 42'dir. Bu 42 değişkenden bir kısmı sadece pedolojik dönüşümlerde kullanılmış (örneğin pH değerleri Reaksiyon değişkenini hesaplamakta, EC değerleri tuzluluk değişkenini hesaplamakta kullanılmıştır, ancak veri tabanında yer almaktadırlar), bir kısmı ise sadece horizon ve noktayı ayırd edici kimlik bilgilerini içermektedir. Bu sebeple jeostatistiksel hesaplamalarda kullanılacak 29 değişken veri tabanından seçilerek hesaplamalarda kullanılmışlardır. Uygunluğu saptanan 29 değişken için üç ayrı derinlikte 3

farklı çeşit semivaryogram hesaplanmış ve aktif ayırma mesafeleri değiştirilmiş, toplamda 261 jeostatistik uygulaması gerçekleştirilmiştir (29 değişken*3 derinlik=87 * 3 semivaryogram modeli= 261 uygulama). Her bir değişken için, toprak özellikleri ile ilgili çalışmalarda yaygın olarak kullanılan küresel, üssel ve gaussian semivariogram modellerinden (Ongun 2008) en uygun (en az hatalı) model seçilmiş ve her bir değişken için bir jeostatistiksel altlık harita hazırlanmıştır. Her bir özellik için uygulanan semivariogram modellerinin hata büyüklüklerini gösteren özet tablo, Çizelge 4.12’de görülebilir. Söz konusu bu değişkenlerin sayısı her derinlikte farklılık göstermektedir. Yüzey horizonu için 16 değişkenin; 30–90 cm derinlik için 19 değişkenin; 90+ derinliği için ise 24 değişkenin kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Her derinlik için toplamda 59 değişken içeren Çizelge 4.12’de, sabit değerler içeren ve dolayısıyla varyasyon katsayıları da hesaplanamayan bazı özellikler bu alan için yapılan toprak sınıflaması için farklılık teşkil etmeyeceğinden değerlendirmeye alınmamıştır ve yöntemin bundan sonrası için kullanılmamıştır. Ayrıca, bazı değişkenlerin (DERINTT, RRD2, TAS_TIPI, YU_TASLI ve A_M_ZONE) semivaryogram hesapları her derinlik için aynı olduğundan bu değişkenlerden her birinden yalnızca bir derinliği altlık olarak kullanılmıştır. Sonuçta 43 adet altlık haritanın uygunluğu seçilmiş ve toplamda bu sayıda altlık harita çakıştırılma işleminde kullanılarak pedometrik haritalama sistemi ile oluşturulmuş elementel toprak haritası elde edilmiştir.

Değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde ve korelasyon analizlerinde de görüldüğü gibi bazı değişkenler alansal dağılımlarda bir değişiklik yaratmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) semivaryogramlar yazılım tarafından hesaplanmamıştır. Çizelge 4.12’de görülen Kriging hata tablosunda, bu hesaplanamayan değişkenler için “Ana Etki Aralığı: 1 (Major range:1)” ifadesi kullanılmıştır.

Çizelge 4.12. Farklı semivariogram modellerinin hata büyüklüklerini gösteren özet tablo

	(Mean / RMS stand)	DERİNLİK1 (0-30cm)	DERİNLİK2 (30-90cm)	DERİNLİK3 (90+cm)
1	SINIR_F	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	<u>Sph: 0,0001283 / 0,86</u> Exp: 0,0005967 / 0,80 Gau: 0,0009969 / 0,94 Lag size: 9
2	SINIR_T	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	<u>Sph: 0,00006413 / 0,86</u> Exp: 0,0002983 / 0,80 Gau: 0,0004985 / 0,94 Lag size: 9
3	DERIN_TT	Sph: 0,0002 / 0,82 Exp: 0,0004 / 0,72 <u>Gau: 0,0001 / 0,90</u> Lag size: 12	Sph: 0,0002 / 0,82 Exp: 0,0004 / 0,72 <u>Gau: 0,0001 / 0,90</u> Lag size: 12	Sph: 0,0002 / 0,82 Exp: 0,0004 / 0,72 <u>Gau: 0,0001 / 0,90</u> Lag size: 12
4	RRD2	<u>Sph: 0,000003 / 0,81</u> Exp: -0,0008 / 0,72 Gau: 0,0012 / 0,88 Lag size: 12	<u>Sph: 0,000003 / 0,81</u> Exp: -0,0008 / 0,72 Gau: 0,0012 / 0,88 Lag size: 12	<u>Sph: 0,000003 / 0,81</u> Exp: -0,0008 / 0,72 Gau: 0,0012 / 0,88 Lag size: 12
5	ORG_MAT	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	<u>Sph: 0,0003679 / 0,84</u> Exp: 0,0007472 / 0,68 Gau: -0,002574 / 0,84 Lag size: 8
6	DRENAJ	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: -0,007357 / 0,84 <u>Exp: 0,0006017 / 0,76</u> Gau: -0,001922 / 0,93 Lag size: 12
7	TEKSTÜR	Sph: 0,001843 / 0,81 Exp: -0,0007945 / 0,73 Gau: 0,006459 / 0,90 Lag size: 12	<u>Sph: 0,00007774 / 0,84</u> Exp: -0,00246 / 0,73 Gau: 0,002995 / 0,88 Lag size: 12	Sph: 0,004376 / 0,78 Exp: 0,004441 / 0,81 <u>Gau: 0,000444 / 0,81</u> Lag size: 12
8	PR_TASLI	<u>Sph: 0,0001283 / 0,86</u> Exp: 0,0005967 / 0,80 Gau: 0,0009969 / 0,94 Lag size: 9	Sph: 0,0001184 / 0,88 <u>Exp: 0,00005208 / 0,88</u> Gau: 0,002283 / 0,84 Lag size: 12	Sph: -0,0007365 / 0,82 Exp: -0,000506 / 0,72 <u>Gau: 0,000378 / 0,87</u> Lag size: 12
9	TAS_TIPI	<u>Sph: 0,00005528 / 0,83</u> Exp: -0,00006492 / 0,71 Gau: 0,0005254 / 0,89 Lag size: 12	<u>Sph: 0,00005528 / 0,83</u> Exp: -0,00006492 / 0,71 Gau: 0,0005254 / 0,89 Lag size: 12	<u>Sph: 0,00005528 / 0,83</u> Exp: -0,00006492 / 0,71 Gau: 0,0005254 / 0,89 Lag size: 12
10	YU_TASLI	<u>Sph: -0,002838 / 0,82</u> Exp: -0,003714 / 0,83 Gau: -0,004517 / 0,86 Lag size: 12	<u>Sph: -0,002838 / 0,82</u> Exp: -0,003714 / 0,83 Gau: -0,004517 / 0,86 Lag size: 12	<u>Sph: -0,002838 / 0,82</u> Exp: -0,003714 / 0,83 Gau: -0,004517 / 0,86 Lag size: 12
11	TOP_RENK	<u>Sph: 0,001611 / 0,86</u> Exp: 0,03403 / 0,80 Gau: 0,05575 / 0,94 Lag size: 12	<u>Sph: 0,01792 / 0,84</u> Exp: -0,004443 / 0,78 Gau: 0,02774 / 0,91 Lag size: 12	Sph: 0,2756 / 0,84 Exp: 0,3359 / 0,77 <u>Gau: 0,1515 / 0,92</u> Lag size: 12
12	STR	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1
13	STR_TIP	<u>Sph: 0,0000379 / 0,86</u> Exp: -0,0002756 / 0,80 Gau: -0,000494 / 0,94 Lag size: 12	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: 0,001853 / 0,82 Exp: 0,002881 / 0,72 <u>Gau: 0,00097 / 0,90</u> Lag size: 12
14	STR_BUY	<u>Sph: 0,0001414 / 0,83</u> Exp: -0,0003747 / 0,81 Gau: 0,00556 / 0,80	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1

		Lag size:12		
15	STR_DAY	Sph: 0,0005456 / 0,72 Exp: -0,0002543 / 0,78 Gau: 0,003073 / 0,74 Lag size: 12	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1
16	YAPISKAN	Sph: 0,0003177 / 0,74 Exp: -0,0003927 / 0,85 Gau: 0,002257 / 0,77 Lag size: 12	Sph: 0,0000283 / 0,82 Exp: 0,0001344 / 0,73 Gau: -0,0005788 / 0,89 Lag size: 12	Sph: 0,001123 / 0,83 Exp: 0,001957 / 0,76 Gau: 0,0002142 / 0,89 Lag size: 12
17	PLASTIK	Sph: 0,0003177 / 0,74 Exp: -0,0003927 / 0,85 Gau: 0,002257 / 0,77 Lag size: 12	Sph: 0,00003761 / 0,83 Exp: -0,0005425 / 0,67 Gau: 0,0007588 / 0,88 Lag size: 7	Sph: 0,001123 / 0,83 Exp: 0,001957 / 0,77 Gau: 0,0002142 / 0,89 Lag size: 12
18	KIREC	Sph: -0,00005222 / 0,80 Exp: -0,00005107 / 0,75 Gau: 0,0004254 / 0,73 Lag size: 12	Sph: -0,0001044 / 0,80 Exp: -0,0001021 / 0,75 Gau: 0,0008507 / 0,73 Lag size: 12	Sph: -0,0001044 / 0,80 Exp: -0,0001021 / 0,75 Gau: 0,0008507 / 0,73 Lag size: 12
19	REAKSIYON	Sph: -0,00005528 / 0,83 Exp: 0,00006492 / 0,71 Gau: -0,0005254 / 0,89 Lag size: 12	Sph: -0,0004293 / 0,85 Exp: 0,0002782 / 0,89 Gau: -0,002255 / 0,87 Lag size: 12	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1
20	TUZLULUK	Sph: -0,0002316 / 0,82 Exp: -0,0003602 / 0,72 Gau: -0,0001212 / 0,90 Lag size: 12	Sph: -0,000222 / 0,89 Exp: 0,001003 / 0,94 Gau: -0,002882 / 0,92 Lag size: 12	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1
21	ANA_MAT1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: -0,000074 / 0,89 Exp: 0,0003342 / 0,94 Gau: -0,0009606 / 0,92 Lag size: 12
22	ANA_MAT2	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: -0,000222 / 0,89 Exp: 0,001003 / 0,94 Gau: -0,002882 / 0,92 Lag size:12
23	A_M_ZONE	Sph: -0,001591 / 0,70 Exp: -0,0004377 / 0,83 Gau: -0,004546 / 0,72 Lag size: 12	Sph: -0,001591 / 0,70 Exp: -0,0004377 / 0,83 Gau: -0,004546 / 0,72 Lag size: 12	Sph: -0,001591 / 0,70 Exp: -0,0004377 / 0,83 Gau: -0,004546 / 0,72 Lag size: 12
24	AYKIRI	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: 0,000074 / 0,89 Exp: -0,0003342 / 0,89 Gau: -0,004546 / 0,72 Lag size: 12	Sph: -0,001591 / 0,70 Exp: -0,000061 / 0,71 Gau: -0,004546 / 0,72 Lag size: 12
25	AYKIRI2	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: -0,000222 / 0,89 Exp: -0,001377 / 0,84 Gau: -0,002846 / 0,82 Lag size: 12	Sph: -0,008267 / 0,67 Exp: -0,008377 / 0,75 Gau: -0,01558 / 0,67 Lag size: 12
26	PEDO_GOR	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: -0,005528 / 0,83 Exp: 0,00006492 / 0,71 Gau: -0,0005254 / 0,89 Lag size: 12	Sph: -0,0005572 / 0,71 Exp: -0,0004377 / 0,77 Gau: -0,001667 / 0,69 Lag size: 12
27	PEDO_GOR2	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: 0,0001658 / 0,83 Exp: -0,0001948 / 0,71 Gau: 0,001576 / 0,89 Lag size: 12	Sph: 0,0002491 / 0,72 Exp: 0,001448 / 0,76 Gau: 0,001771 / 0,70 Lag size: 12
28	KESIK	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	Sph: -0,0003177 / 0,74 Exp: 0,0003927 / 0,85 Gau: -0,002257 / 0,77 Lag size: 12	Sph: -0,0002316 / 0,82 Exp: -0,0003602 / 0,72 Gau: -0,0001212 / 0,90 Lag size: 12

29	KESIK2	ANA ETKİ ARALIĞI (MAJOR RANGE): 1	<u>Sph: 0,0002031 / 0,86</u> Exp: -0,00105 / 0,91 Gau: 0,002662 / 0,90 Lag size: 12	Sph: -0,00001094 / 0,71 <u>Exp: 0,00116 / 0,75</u> Gau: -0,002912 / 0,71 Lag size:12
-----------	---------------	--------------------------------------	--	---

Kriging analizleri ile bilinmeyen noktalar için de jeostatiksel hesaplamaları yapılarak noktasal değerler yerine alansal değerler haline getirilerek haritalandırılan tüm toprak değişkenleri için bir altlık harita elde edilmiştir. Bu altlık haritalar (43 adet altlık harita) Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla poligon tabanlı haritalara çevrilmişlerdir (Bölüm 3.2.2.1). Söz konusu bu altlık haritalar sadeleştirildikten sonra üst üste çakıştırma işlemine geçilmiştir.

Sadeleştirme işlemindeki amaç şu şekilde açıklanabilir: Pedonlar arası geçişimin uluslar arası toprak genetiğinin kurallarına göre, ortamdan ortama değişmek üzere 1 ila 10 m arasında değişim göstereceği kesindir. Bu husus, yapılan otomatik sınıflandırma sisteminde de (Kriging interpolasyon) iki farklı pedon arasındaki karakteristiklerin değişim aralıklarının, pedon değişim sınırlarına yaklaşıldıkça arttığı (bir karmaşanın hakim olduğu); buna karşılık, pedonlar arası sınırlardan uzaklaştıkça karakteristiklerde de bir homojenitenin ortaya çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, pedonlar arası geçişimi tanımlaması bakımından çok anlamlıdır. Zira hiçbir pedon, diğer bir pedondan, arazi koşullarında çok keskin sınırlarla (bıçakla kesilir gibi) ayrılmazlar. Toprak genetiğinin uluslararası kabul görmüş kuralları, toprak özelliklerindeki geçişimin-değişimin başlangıç ve bitiş noktalarının tam ortasının, iki pedon arasındaki sınır olarak kabul edilmesini öngörmektedir. İşte bu çalışmada da Kriging sınıflama yönteminin istatistiki hesaplamalar sonucunda ortaya çıkardığı farklı basamaklardaki pedonlar arası geçiş alanını netleştirip, iki pedon arasında tek bir toprak sınırı belirlemek amacıyla, her bir parametrenin geçişim değerlerinin orta değeri alınmak suretiyle iki pedon arasındaki sınır, tek bir sınır haline dönüştürülmüş ve bu sınır, iki pedon arasındaki toprak sınırı olarak alınmıştır.

4.1.3 Altlık haritalar ve katmanların akıştırılması

Ölçülmüş noktalardan ölçülmemiş noktaların da hesaplamalarının yapılarak alansal dağılımları saptanan ve alandaki toprak özelliklerini temsil ederek farklı sınıflar oluşturacağı tespit edilen 43 adet değişken için hesaplanan semivariogramlar ve her bir altlık haritanın Kriging analizi sonrası alansal dağılımlarını gösteren harita ve sadeleştirme sonrası sınıflamaları gösterilen haritaları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.13’de toprak özelliklerini modellemek için kullanılan semivariogram modelleri, modellere ait nugget (Co), sill (C+Co), etki aralıkları (Ao) değerleri ve uzaysal bağımlılık sınıflarının özet tablosu verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere araştırılan tüm toprak özellikleri, 90+cm derinlikteki tekstürel değişimin orta bağımlılık göstermesi haricinde, birbirleriyle kuvvetli konumsal bağımlılık göstermişlerdir.

Jeoistatistik değerlendirme sonucu elde edilen parametrelerin kriging haritaları üretilmiştir. Krigleme, ordinary kriging yöntemi ile yapılmış ancak en az hatayı veren farklı semivariogram modelleri kullanılmıştır. Ölçüm hatalarından, örnekleme noktaları arasındaki mesafenin incelenen toprak özelliğinin konumsal bağımlılık derecesini belirlemek için uygun olmamasından veya özelliğın kendi doğasından kaynaklanan varyasyon nedeniyle (Trangmar vd 1985, Oliver 1987, Öztaş 1995, Başkan 2004) yarivariogram modellerinde incelenen her toprak özelliğı için farklı oranlarda kontrolsüz etki varyansı (nugget varyans, Co) oluşmuştur (Çizelge 4.13). Her bir parametre için Kriging interpolasyonda 20 komşu nokta kullanılarak tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir.

Aşağıdaki altlıkların hesaplanan semivariogramları ve ölçülen ile tahmin edilen çapraz doğrulama (Cross Validation) grafiklerinin nasıl yorumlanması gerektiğı ve yorumlama sırasında nelere dikkat edilmesi gerektiğine ilişkin hususlar, Bölüm 2.2’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.13. Semivariogram model ve parametreleri

	MODEL	KOM ŞU	ETKİ ARALIĞI (m) (Ao)	C	Co (Nugget)	(C+Co)	(Co/(C+Co))%	UZAYSAL BAĞIMLILIK SINIFI
AnaMat1	ÜSSEL	20	589,72	0,11092	0	0,1109	0,00	KUVVETLİ
AnaMatZone	ÜSSEL	20	1041,17	1,8924	0	1,8924	0,00	KUVVETLİ
AykırıHor2	KÜRESEL	20	485,602	0,093266	0,012048	0,1053	0,11	KUVVETLİ
AykırıHor3	KÜRESEL	20	1041,17	0,16436	0,0,014848	0,1792	8,28	KUVVETLİ
Aykırı2Hor2	ÜSSEL	20	589,72	0,99825	0	0,99825	0,00	KUVVETLİ
Aykırı2Hor3	KÜRESEL	20	1041,17	1,5886	0,21654	1,80514	11,99	KUVVETLİ
DerinTT	GAUSSIA	20	254,681	0,19494	0,038503	0,2334	16,49	KUVVETLİ
DrenajHor3	ÜSSEL	20	389,654	0,37401	0	0,3740	0,00	KUVVETLİ
Kesik2Hor2	KÜRESEL	20	477,089	0,84872	0,13692	0,9856	13,89	KUVVETLİ
Kesik2Hor3	ÜSSEL	20	1041,17	2,6092	0,30053	2,9097	10,33	KUVVETLİ
KesikHor2	ÜSSEL	20	1041,17	0,28229	0,011646	0,2939	3,96	KUVVETLİ
KesikHor3	GAUSSIA	20	254,681	0,19494	0,038503	0,2334	16,49	KUVVETLİ
KirecHor1	GAUSSIA	20	897,071	0,22737	0,037329	0,2646	14,10	KUVVETLİ
KirecHor2	GAUSSIA	20	897,071	0,90948	0,14932	1,0588	14,10	KUVVETLİ
OrgMatHor3	KÜRESEL	20	280,82	0,082003	0,0046592	0,0866	0,05	KUVVETLİ
PedoGor2Hr2	KÜRESEL	20	333,471	2,2111	0,056641	2,2677	2,50	KUVVETLİ
PedoGor2Hr3	KÜRESEL	20	1041,17	2,7971	0,53244	3,3295	15,99	KUVVETLİ
PlastikHor1	KÜRESEL	20	914,379	0,24861	0,046063	0,2946	15,63	KUVVETLİ
PlastikHor2	KÜRESEL	20	390,531	1,6241	0,045196	1,6692	2,71	KUVVETLİ
PlastikHor3	GAUSSIA	20	262,625	1,257	0,29311	1,5501	18,91	KUVVETLİ
ProfilTasHor1	KÜRESEL	20	303,094	0,78203	0,06799	0,8500	8,00	KUVVETLİ
ProfilTasHor2	ÜSSEL	20	1041,17	0,66346	0	0,6634	0,00	KUVVETLİ
ProfilTasHor3	GAUSSIA	20	302,879	1,696	0,31842	2,0144	15,81	KUVVETLİ
ReaksiyonHo1	ÜSSEL	20	439,656	0,26565	0	0,2656	0,00	KUVVETLİ
ReaksiyonHr2	ÜSSEL	20	698,22	0,9926	0	0,9926	0,00	KUVVETLİ
RRD2Hor123	KÜRESEL	20	303,479	0,24972	0,011086	0,2608	4,25	KUVVETLİ
StrbuyHor1	KÜRESEL	20	1041,17	0,62174	0,021072	0,6428	3,28	KUVVETLİ
StrdayHor1	KÜRESEL	20	999,297	0,1975	0,050027	0,2475	20,21	KUVVETLİ
StrtipHor1	KÜRESEL	20	291,172	0,19042	0,016552	0,2069	8,00	KUVVETLİ
StrtipHor3	GAUSSIA	20	254,681	12,476	2,4642	14,940	16,49	KUVVETLİ
TastipiHor123	KÜRESEL	20	333,471	0,24568	0,0062934	0,2519	2,50	KUVVETLİ
TeksturHor1	KÜRESEL	20	274,822	11,628	0,64845	12,276	5,28	KUVVETLİ
TeksturHor2	KÜRESEL	20	363,92	10,529	0,15914	10,688	1,49	KUVVETLİ
TeksturHor3	GAUSSIA	20	582,763	16,938	9,122	26,06	35,00	ORTA
ToprenkHor1	KÜRESEL	20	293,622	2431,5	203,84	2635,3	7,73	KUVVETLİ
ToprenkHor2	KÜRESEL	20	351,654	3336,4	189,44	3525,8	5,37	KUVVETLİ
ToprenkHor3	GAUSSIA	20	262,838	66435	14061	80496	17,47	KUVVETLİ
TuzlulukHor1	KÜRESEL	20	254,681	0,19494	0,038503	0,2334	16,49	KUVVETLİ

TuzlulukHor2	ÜSSEL	20	589,72	0,99825	0	0,99825	0,00	KUVVETLİ
YapiskanHor1	KÜRESEL	20	914,379	0,24861	0,046063	0,29467	15,63	KUVVETLİ
YapiskanHor2	KÜRESEL	20	325,528	1,4157	0,068883	1,4845	4,64	KUVVETLİ
YapiskanHor3	GAUSSIA	20	262,625	1,257	0,29311	1,5501	18,91	KUVVETLİ
YuzytasHr123	KÜRESEL	20	378,048	1,1236	0,24715	1,3707	18,03	KUVVETLİ

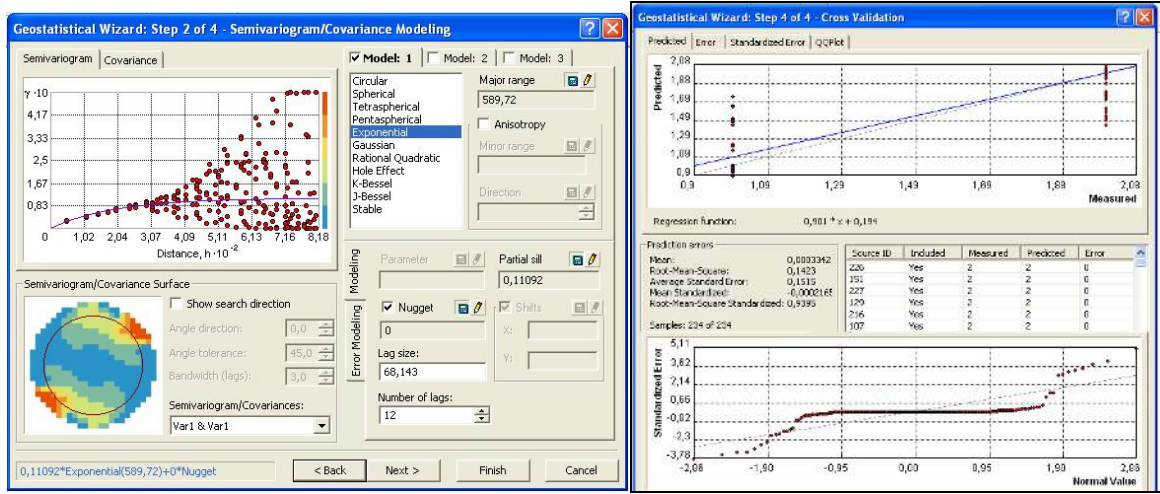
43 adet altlık için ayrı ayrı hesaplanan semivariogramlar, tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulama sonuçları, her bir altlık haritanın Kriging analizi sonrası alansal dağılımlarını gösteren harita ve sadeleştirme sonrası sınıflamaları gösterilen haritaları aşağıda verilmiştir. Elde edilen her bir altlık için sonuç ve yorumlamalar da yine aşağıda verilmiştir.

Ana Materyal Değişkeni;

Ana materyal değişkeninin 90+ cm derinlik için çalışma alanındaki değişimi için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Şekil 4.4’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 68 m, model için etki aralığı 589 m olarak saptanmıştır. Ana materyal için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 589 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir.

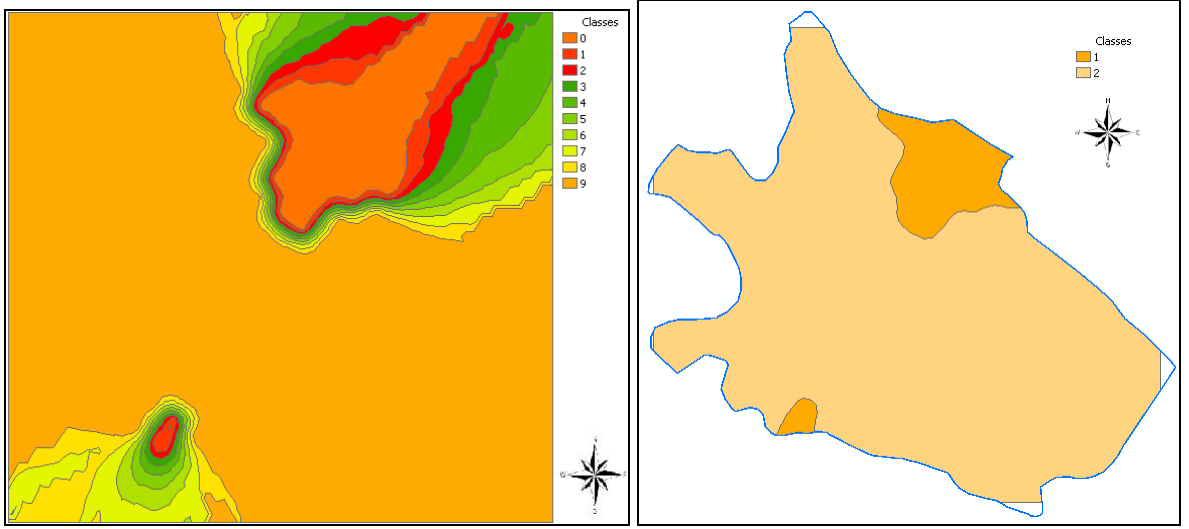
Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve normalite değerlerinden sapmalar olsa da seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.5) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a oldukça yakın (0,0003342), RMSS değerinin de 1’e çok yakın olduğu (0,94), dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Toprağın 90+ derinlikteki ana materyal değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

0–30 cm ve 30–90 cm derinlikleri için bütün alandaki dağılımları ana materyal değişkeni için aynı olan (taşınmış ana materyal, 2 numaralı sınıf) çalışma alanı 90+ cm derinliği için farklılık göstermiştir. Şekil 4.5'ten görüleceği üzere 1 ile sınıflandırılmış alanın diğer alanlardan farklılaşarak yerinde ayrılmış ana materyalden oluştuğu, dolayısıyla jeolojik yaşının da farklı olduğu tespit edilmiştir. Toprak haritalama sistematğinde çok büyük önem arz eden bu gibi detayların bu model sayesinde başarıyla ayırt edilebildiği ve noktasal veriler yerine arazideki dağılımları netlikle algılanabildiği görülmüştür.

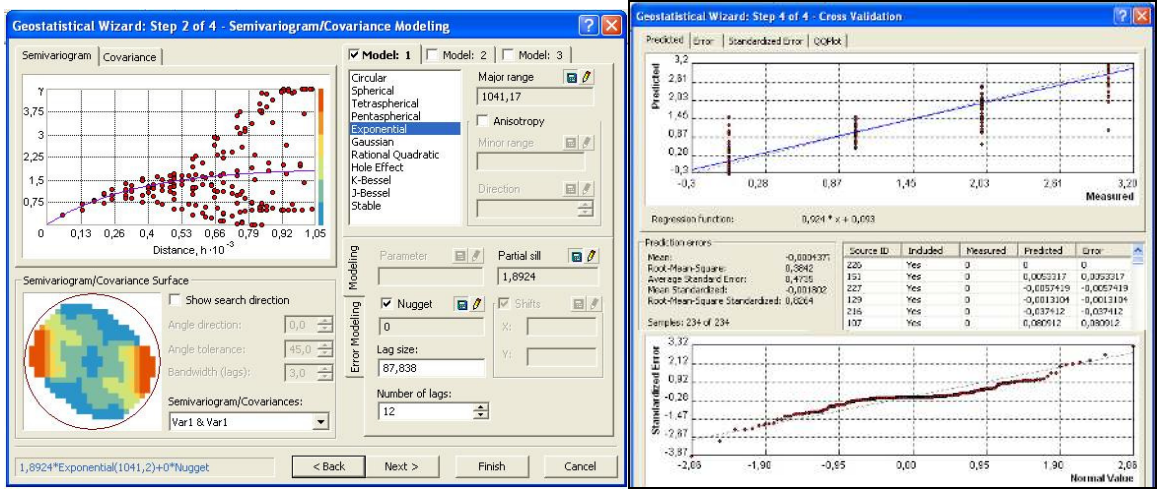


Şekil4.5. Ordinary Kriging ile toprağın 90+ derinliğine ait tahmin edilen ana materyal değerlerinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası

Ana materyalin bölgelenmesi değişkeninin çalışma alanındaki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri her bir derinlik için aynıdır (Çizelge 4.12). Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 87 m, model için etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Ana materyalin bölgelenmesi için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ki bu değer çok yüksek bir bağımlılık olduğunun ifadesidir (Çizelge 4.13). Çalışma alanının toplam uzunluğu ve bu uzunluk içerisindeki anamateryal çeşitlenmesi incelendiğinde, 1041 m lik bu yatay bağımlılığın son derece uygun olduğu ortaya çıkmaktadır. Zira, çalışma alanı bir baştan bir başa yaklaşık 1000 m uzunluğundadır ve bu uzunluk boyunca da sadece taşınmış-depolanmış ana materyaller bu alanda yer almaktadır

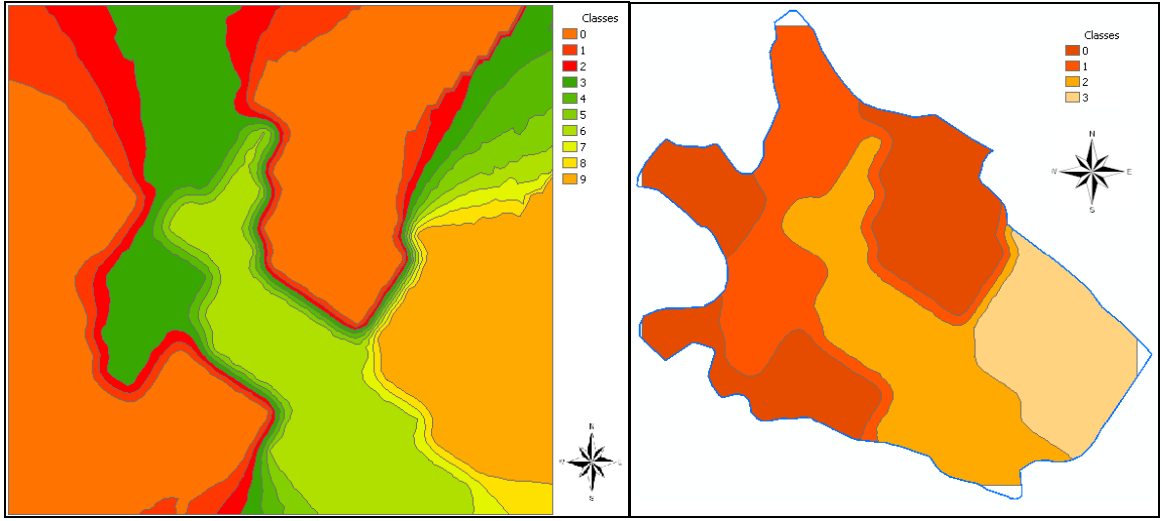
Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.6) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,0004377), RMSS değerinin de 1'e oldukça yakın (0,83) olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Toprağın ana materyal bölgelemesi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanındaki farklı anamateryallerin ayrımı için uygulanan kriging interpolasyon yöntemi ile alandaki farklı jeomorfolojik etkileşim alanları da belirlenmeye çalışılmış ve şekil 4.7'den görüleceği üzere alanın 0, 1, 2, 3 şeklinde tanımlanmış olan 4 farklı ana materyal bölgelemesine sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Söz konusu bu bölgeleme alanlarının ve sınırlarının kontrolü neticesinde, "0" ile tanımlanan alanların "koluvial", 1, 2 ve 3 ile tanımlanmış olan alanların da aluviyal yelpaze nitelikli arazilerin üst (1 numara), orta (2 numara) ve alt (3 numara) zonlarına karşılık geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Ordinary Kriging ile tahmin edilen ana materyal bölgelemesi değerlerinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası

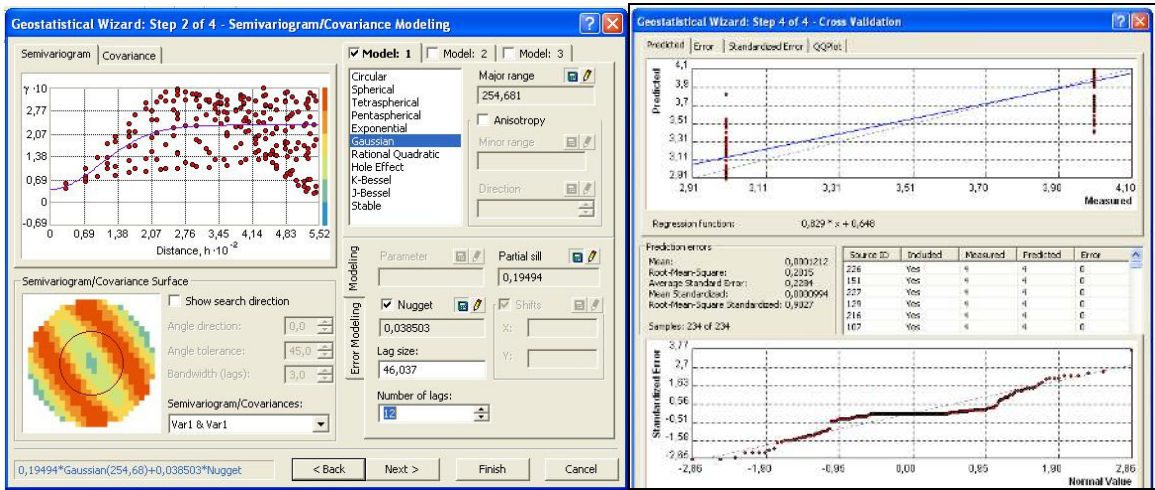
Toprak Derinliği (Regolit) Değişkeni;

Bu kısımda çalışma alanındaki farklı toprakların derinliklerinin ayrımı ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu kapsamda toplam derinlik değişkeninin (Regolit) çalışma alanındaki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri her bir derinlik için aynı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 46 m, model için etki aralığı 255 m olarak saptanmıştır. Horizonun toplam derinliği için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 255 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13'te görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça

benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

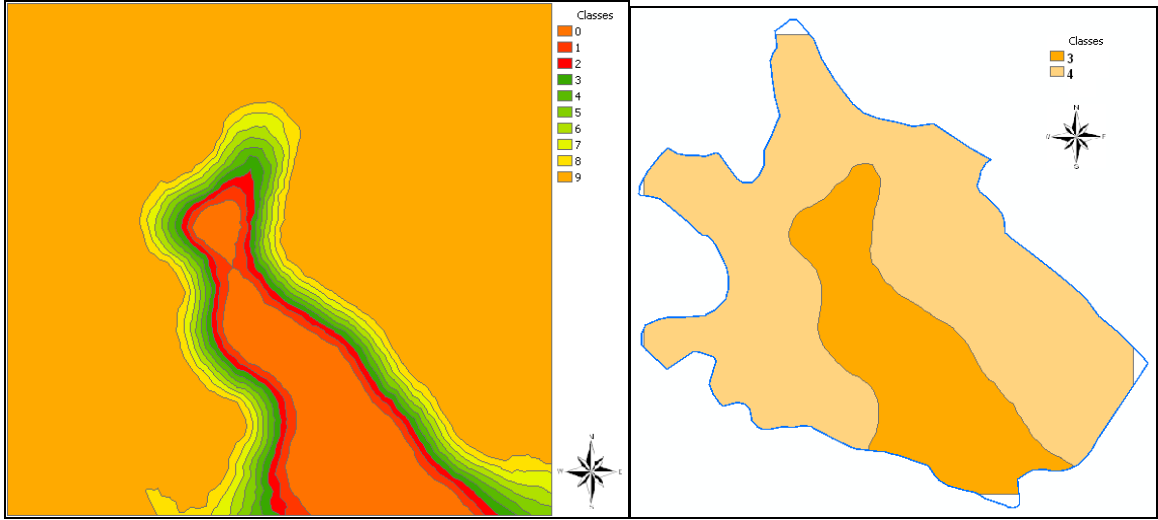
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.8) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0.0001), RMSS (0,90) değerinin de 1'e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Horizonun toplam derinlik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Şekil 4.9'dan görüldüğü üzere 3 (Orta derin: 50–100 cm) (Bkz. Çizelge 4.2) ile sınıflandırılan alanların 4 (Derin: 100–150 cm) ile sınıflandırılmış alanlardan daha az toprak derinliğine sahip olduğu görülmektedir. Daha az derin olan toprak derinliğinin, dere yatağını takip edip denize kavuşan bölge olduğu gözlenmiştir. 3 nolu alanda, bu alanı oluşturan derenin sürekli aşınım sınırları içerisinde olması ve “nehir sırtı” jeomorfolojik ünitesi olması nedeniyle de sık topraklar olmasını gerektirmektedir. Buna karşılık bu derenin yatağından daha uzakta olan ve 4 numara ile tanımlanmış alanlar ise sürekli depolama alanları olup “taşkın düzlüğü” jeomorfolojik ünitesi olması nedeniyle de dere kenarlarındaki alanlara kıyasla daha derin topraklara sahiptirler. Diğer taraftan, taşkın düzlüğü arazileri, alanın özellikle kuzey ve kuzeybatı taraflarındaki yüksek arazilerin

eteklerindeki koluviyal arazilerle birlik oluşturmakta ve böylelikle daha da derin toprak profilleri ortaya çıkmış bulunmaktadır. Bu durum, aşağıdaki kısımda analizleri yapılmış olan “solum derinliği” analizleri ile de doğrulanmaktadır.



Şekil 4.9. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun regolit derinliğinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası

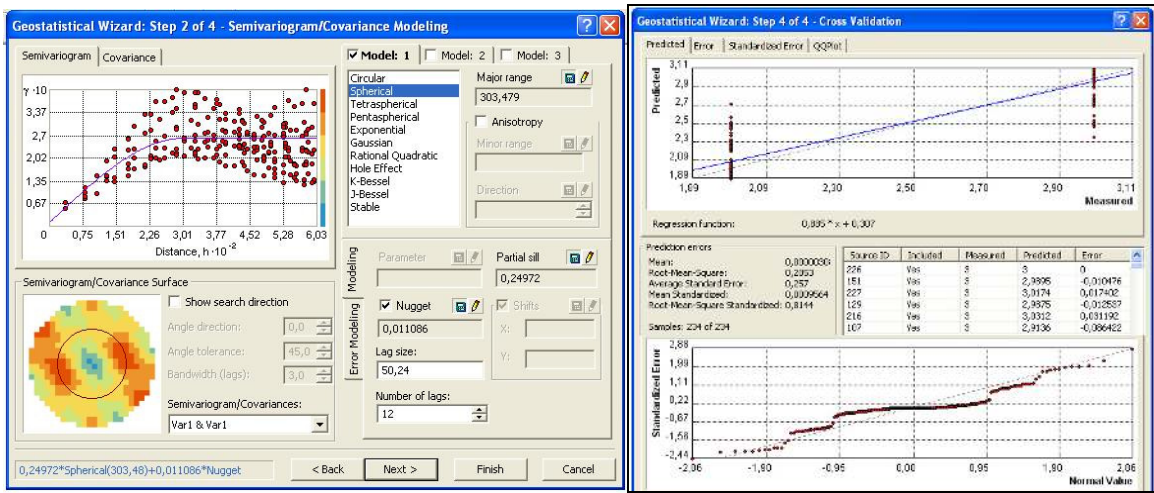
Kök Kısıtlayıcı Derinlik (Solum) Değişkeni;

Kök kısıtlayıcı derinlik değişkeninin (Solum) çalışma alanındaki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri her bir derinlik için aynıdır (Bkz. Çizelge 4.12). Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 50 m, model için etki aralığı 303 m olarak saptanmıştır. Horizonun kök kısıtlayıcı derinliği için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 303 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama

grafığından; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar orta düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.10) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,000003), RMSS (0,81) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



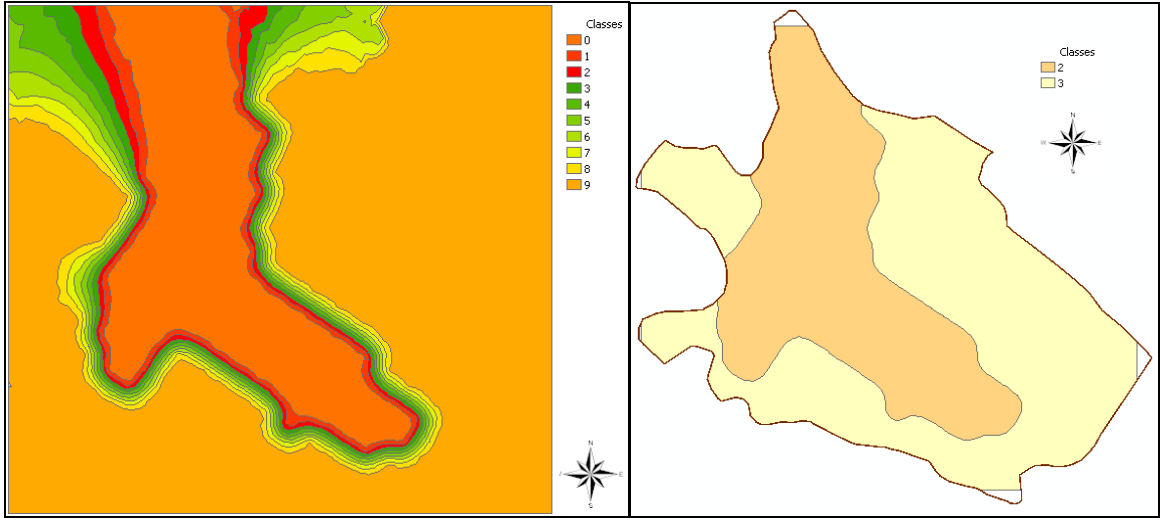
Şekil 4.10. Horizonun kök kısıtlayıcı derinlik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Şekil 4.11'den görüleceği üzere 2 (Sığ: 25-50 cm) (Çizelge 4.2) ile sınıflandırılan alanların 3 (Orta derin: 50-100 cm) ile sınıflandırılmış alanlardan daha etkili kök derinliğine (soluma) sahip olduğu görülmektedir. Solum derinliği ile regolitin derinliği birlikte değerlendirilmesi gereken iki değişkendir. Solumun derinliği, kültür bitkilerinin yetiştirilmesi için çok önemli bir göstergedir, regolit derinliği ise bazen yanıltıcı bilgi verebilir. Regolit çok derin olabilir ancak solum inceyse her bitki yetiştirilemeyebilir.

Çalışma alanını baştan sona kat eden ve bu alan için toprak oluşum süreçlerine etki eden ve aynı zamanda yakın alanlardan materyal taşıyan derenin, yüksek arazilerden düzlük

alanla buluştuğu bölge (alüvyal yelpazenin üst zonu) ve dere yatağı boyunca düzlük alanda yer alan orta bölümü içeren bölgeler için etkili kök derinliğinin daha az olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). Bu husus, alüvyal yelpaze jeomorfolojisi için son derece uygundur. Çalışma alanı içindeki kolüvyal arazilerde ve alüvyal yelpazenin alt kısımlarında daha derin bir solumun varlığı da yine bu alandaki toprak profili özelliklerinin jeomorfolojik proseslerle yüksek düzeyde bir uyum gösterdiğine işaret etmektedir.

Çalışma alanı içindeki regolit derinliğinin dağılımı (Şekil 4.9) ile solum derinliği dağılımı (Şekil 4.11) kıyaslandığı zaman; alüvyal yelpaze üst zonunun regolit derinliğinin derin sınıflamasına girdiği yerde solum derinliğinin sığ olduğu görülmektedir. Alüvyal yelpazenin orta kısmına denk gelen alanda ise regolit derinliğinin orta derin iken solumun sığ olduğu, diğer alanlar için regolit derinliğinin derin olduğu bölgelerin solum derinliğinin orta derin olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Bu durum, yine alüvyal yelpaze jeomorfolojisi ile bu alandaki toprak özelliklerinin bire bir örtüştüğünü ve bu örtüşmenin de pedometrik haritalama yöntemi ile güven düzeyi yüksek bir şekilde saptanabildiğine işaret etmektedir. Zira, alüvyal yelpaze nitelikli araziler oluşur iken; yelpazenin baş ve orta kısmında (üst ve orta zonda) kaba-orta kaba materyaller birikmekte ve bitki yetiştirme zonu olarak tanımlanan orta-orta ince materyallerin bu alanlardaki kalınlığı ise oldukça az (sığ solum) olmaktadır. Bu husus, bu alandaki dikey derecelemenin en tipik göstergesidir. Alüvyal yelpazenin alt zonuna gelindiğinde ise artan orta-orta ince materyal depolanması (yine dikey ve boylamasına derecelemenin bir sonucudur) ise giderek artmakta ve solum derinliği, regolit derinliğinin aleyhine olacak şekilde artmakta ve bu alandaki toprakların solum derinliğinin orta derin-derin nitelikli olmasına neden olmaktadır. Bu husus, bu çalışma kapsamında yapılmış olan pedometrik haritalama teknikleri ile de ortaya çıkarılmış durumdadır.



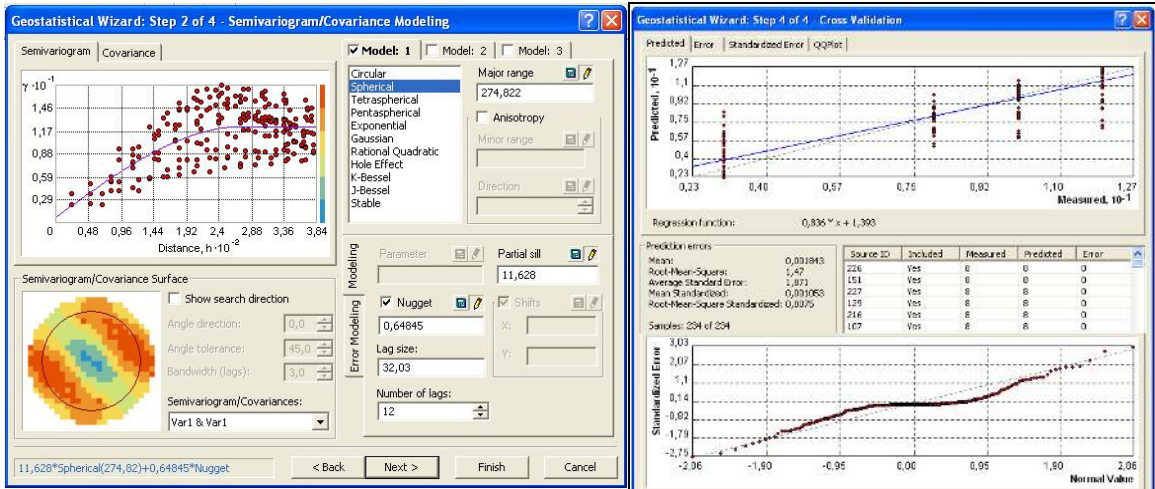
Şekil 4.11. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun solum derinliğinin ilk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu dağılım haritası

Tekstür Değişkeni;

Toprakların önemli bir genetiksel özelliği olan tekstür değişkeninin çalışma alanı bütünü 0–30 cm derinliğindeki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 32 m, model için etki aralığı 275 m olarak saptanmıştır. Horizonun tekstürel dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 275 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok az düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.12) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,001843), RMSS (0,81) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

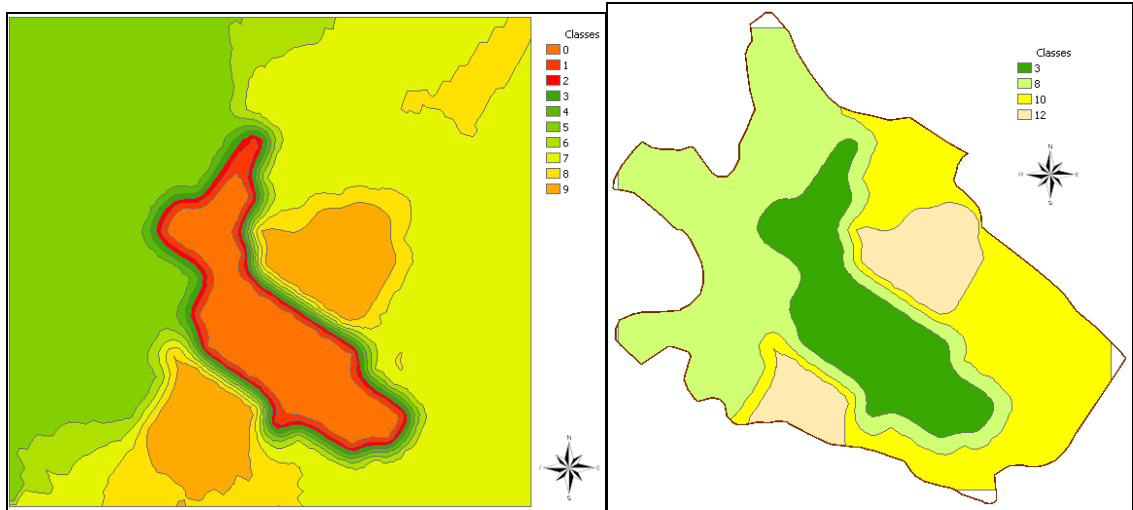


Şekil 4.12. Horizonun 0–30 cm derinliğinde tekstür değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Arazi çalışması ile ölçülen tekstürel değerlerden, Ordinary Kriging interpolasyon yöntemi ile dağılımları tüm çalışma alanı için tahmin edilen tekstürel değişim durumu Şekil 4.13'de görülmektedir. Buna göre alanda kumlu killi tın (8 numaralı sınıf), kumlu tın (3 numaralı sınıf), kumlu kil (10 numaralı sınıf) ve kil (12 numaralı sınıf) tekstürleri bulunmaktadır.

Çalışma alanının kuzey, güney ve batısında bulunan yüksek arazilerin eteklerinde yayılım gösteren kolüvyal olarak tanımlanmış arazilerde, oluşumlarında etkili olan jeomorfolojik güçlerin niteliklerine bağlı olarak bir kısmı orta ince ve ince tekstürlüdür. Bu alandaki kolüviyalleri oluşturan hemen yakındaki yüksek arazilerdeki materyallerin özellikleri ve bu alana (ve benzer küçük koylara) özgü olan çok küçük yan derecikler, bu alandaki kolüviyallerin orta ince ve ince tekstürlü olmasına neden olmuştur.

Alüvyal yelpaze olarak tanımlanmış alanların bir kısmının üst toprak tekstürü orta kaba (SL), bir kısmı orta ince (SCL) ve bir kısmının da ince (SC) bir toprak tekstürüne sahip olduğu Şekil 4.13'den görülmektedir. Orta ince tekstürlü topraklar, çalışma alanında aluviyal yelpaze olarak tanımlanmış olan alanın daha çok batı başlangıcına yakın yörelerinde, orta kaba tekstürlü topraklar bu yelpazenin orta kısımlarında yayılım göstermekte iken ince tekstürlü topraklar, ise yine bu yelpazenin son yani denize yakın olan doğu kısımlarında ve alandaki iki küçük çukurlukta yer alan eski göl tabanlarında bulunmaktadır. Çalışma alanındaki ana materyal bölgelemesinde de üst, orta ve alt zonlar olmak üzere üç farklı jeomorfolojik alt ünite kapsamında incelenmiş olan aluviyal yelpaze topraklarının söz konusu bu konumsalıklarından kaynaklanan tekstürel yapı farklılıklarına bağlı olarak da tutarlı bir dağılım gösterdiği bu altlık ile de kanıtlanmıştır. Nitekim altlıktaki değişkenler incelendiğinde alanda kumlu killi tın (8 numaralı sınıf), kumlu tın (3 numaralı sınıf), kumlu kil (10 numaralı sınıf) ve kil (12 numaralı sınıf) tekstür sınıflarına sahip alanların pedometrik yaklaşımla yüksek bir doğruluk oranı ile saptanabildiği ortaya çıkmış bulunmaktadır.

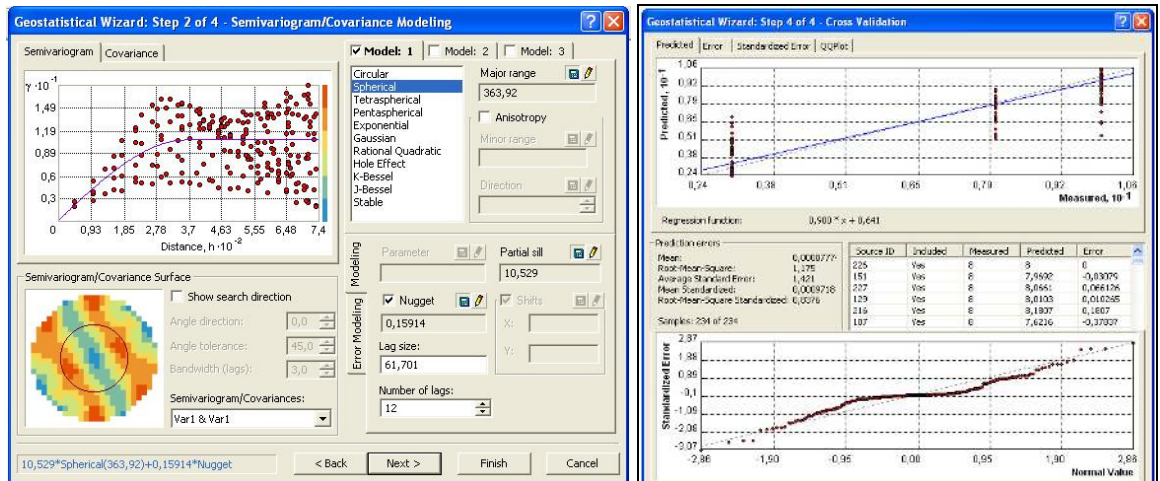


Şekil 4.13. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için tekstürel dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Tekstür değişkeninin çalışma alanı bütünü 30-90 cm derinliğindeki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 62 m, model için etki aralığı 364 m olarak saptanmıştır. Horizonun tekstürel dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 364 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok az düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.14) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,00007774), RMSS (0,88) değerinin de 1’e çok yakın olduğu dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

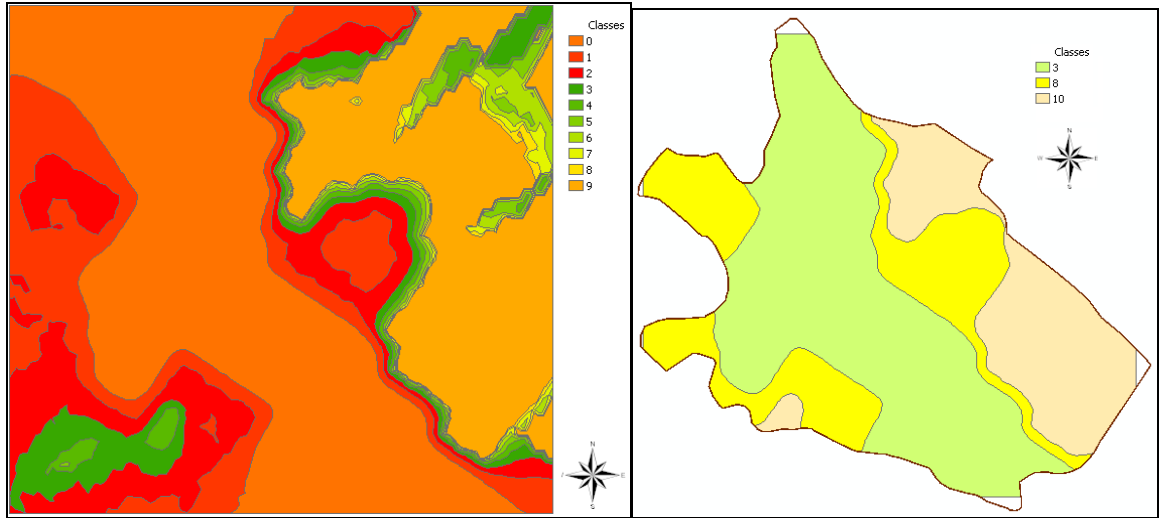


Şekil 4.14. Horizonun 30–90 cm derinliğinde tekstür değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen tekstür değişkeninin Kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.15’de verilmiştir. 30-90 cm derinliği için tekstür değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; kumlu tın (3 numaralı sınıf), kumlu killi tın (8 numaralı sınıf) ve kumlu kil (10 numaralı sınıf) tekstürleri bulunduğu görülmektedir.

Kolüvyal arazilerde yine yüzey horizonunda olduğu gibi yüzey altı horizonunda da taşınp getirildiği yüksek arazilerdeki materyallerin özellikleri ve bu arazileri oluşturan jeomorfolojik güçlerin (kısmen aktif küçük yan dereciklerin) özellikleri gereğince orta ince ve ince tekstür sınıfı görülmektedir.

Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesindeki tekstürel dağılım ise; üst zon yüzey horizonunda orta ince (SiCL) iken yüzey altı horizonunda orta kaba (SL) tekstüre dönüşmüş; orta ve alt zonların ise yüzey ve yüzey altı horizonlarında sırasıyla orta kaba (SL) ve ince tekstürlü (SC) olarak aynı kaldıkları görülmüştür.

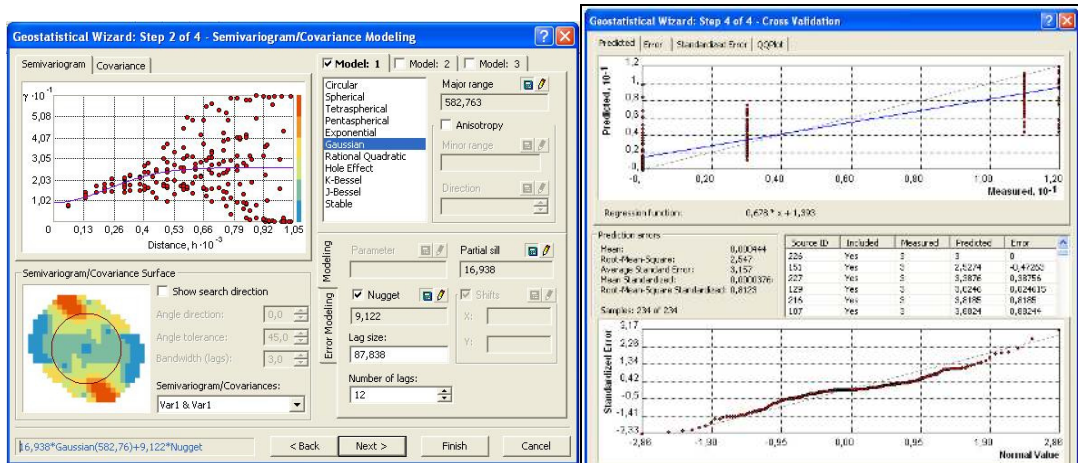


Şekil 4.15. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için tekstürel dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Tekstür değişkeninin çalışma alanı bütününde, 90+cm derinliğindeki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 583 m olarak saptanmıştır. Horizonun tekstürel dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 583 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin orta derecede uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların oldukça az düzeyde olduğu Şekil 4.16’dan görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.16) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a oldukça yakın (0,000444), RMSS değerinin (0,81) de 1’e oldukça yakın olduğu dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. Horizonun 90+cm derinliğinde tekstür değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

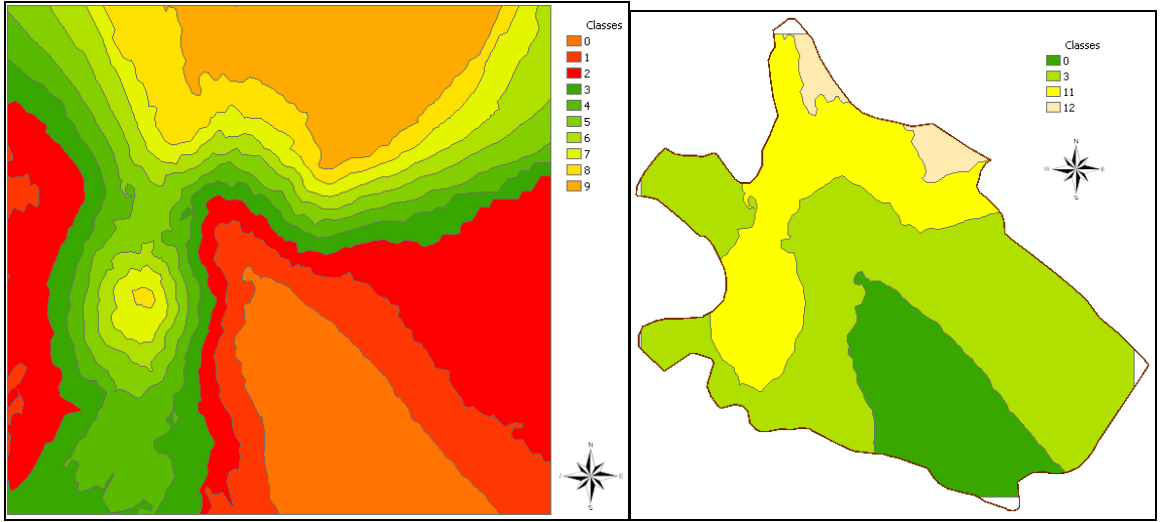
Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen tekstür değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.17’de verilmiştir. 90+cm derinliği için tekstür değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; kumlu tın (3 numaralı sınıf), siltli kil (11 numaralı sınıf) ve kil (12 numaralı sınıf) tekstürleri bulunmaktadır. Alanın güneyinde bulunan ve alüvyal yelpazenin orta zonuna tekabül eden kısımda ise bu horizon derinliğinde yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığından tekstür ve renk gibi diğer bazı toprak özelliklerine dair bilgi okunamamıştır, bu sebeple 0 kodu ile kodlanmıştır.

En alt horizon için kolüvyal arazilerde tekstürel dağılıma bakıldığında diğer horizonlarda orta ince olan bölgelerin (alanın batı ve güneybatısı) orta kabaya dönüştüğü; kumlu killi olan alanların kısmen siltli kile kısmen de kile dönüştükleri ancak buna rağmen ince tekstürlü olan alanların yine ince tekstürlü kaldığı fakat alansal dağılımlarının çeşitlilik arz ettiği görülmektedir.

Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesi üst zon için yüzeyden aşağıya doğru; orta ince (SCL), orta kaba (SL) şeklinde sıralanan tekstürün en alt derinlikte ince (SiC-C) tekstürlü olduğu çalışma alanı tekstür değişkenine dair interpolasyon yöntemiyle hazırlanan altlıklardan görülmektedir. Yüzey ve yüzey altı horizonları için aynı kalan ve ince (SC) tekstürlü olan alt zonun bu derinlikte orta kaba tekstürlü (SL) olduğu görülmektedir.

Alüvyal yelpaze orta zonunun yüzeyden aşağıya inildikçe bir değişim göstermeyen ve orta kaba tekstürde kalan (SL) tekstürel yapısına ait en alt katmanda yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığı için tekstürel yapı analiz edilememiş ve veri tabanında “Tasnif dışı” şeklinde kodlanmıştır (0 numaralı sınıf). Ancak Şekil 4.17’de görülen altlık haritaya bakıldığında, orta zonun üst tarafının, bu derinlikte de orta kaba tekstürlü olduğu görülmektedir. Benzer durum, alüvyal yelpaze üst zonunun kuzeydeki küçük bir kısmında (tüm veri 11 girilmişken söz konusu küçük kısım için sistem tarafından 12 olarak hesaplanmış) ve kuzeydeki kolüvyal alanının takriben yarısında (tüm veri 12 girilmişken

söz konusu kısım için sistem tarafından 11 olarak hesaplanmış) görülmektedir. Bu noktada, özellikle tekstür dağılımı için bu derinlik altlığında netlikle fark edilen bu durum, interpolasyon yönteminin formülasyonunda noktaların birbirleriyle olan mesafe, ağırlık ve etkileşimlerinin hesaba katılmasından kaynaklanmaktadır. Tekstürel yapıda ortaya çıkan bu çeşitlilik, alanda yeni toprak sınıflarının tanımlanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Tüm altlıkların çakıştırılıp haritalama işleminin sonlandırılmasından sonra arazi çalışması ile bu noktalardan veri toplanmış ve bu sınıfın varlığı test edilmiştir.



Şekil 4.17. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+cm derinliği için tekstürel dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

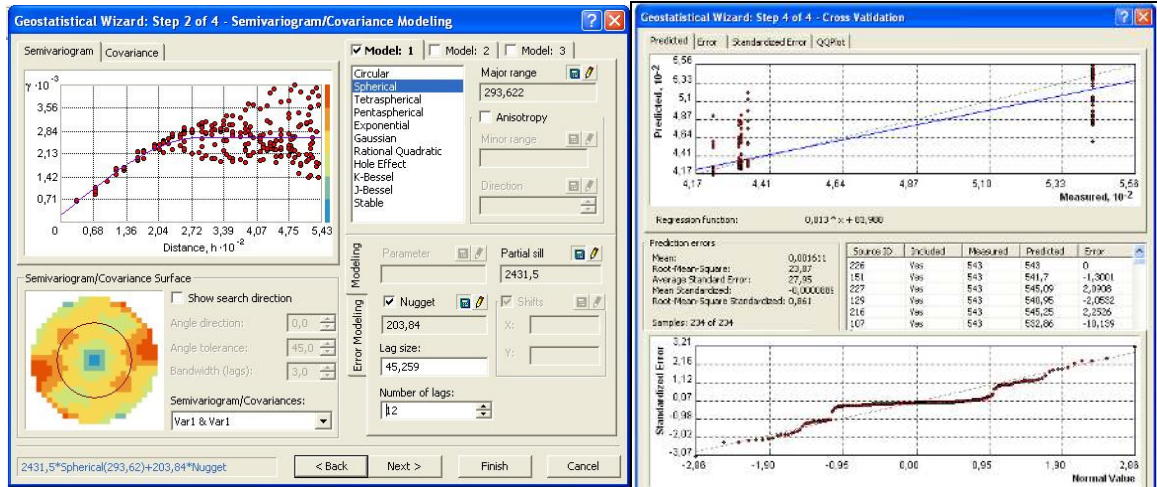
Toprak Rengi Değişkeni;

Toprakların bir diğer önemli özelliği olan toprak rengi değişkeninin, çalışma alanı yüzey horizonundaki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 45 m, model için etki aralığı 294 m olarak saptanmıştır. Horizonun toprak rengi için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 294 metreye kadar

birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13'deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların çok az düzeyde olduğu Şekil 4.18'den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.18) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,001611), RMSS değerinin (0,86) de 1'e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. Horizonun 0–30 cm derinliğinde toprak rengi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanı yüzey horizonu renk dağılımının sınıf değerlerinin (Şekil 4.19), Çizelge 4.2'de tanımlanan kabuller doğrultusunda öngörülen hue-value-chroma kodlarının birleşiminden farklı olduğu görülmektedir. Bu değişken için Ordinary Kriging ile

hesaplanan değerler yeniden sınıflandırıldıktan sonra söz konusu sayısal aralıklara yeni kodlar verilmiştir. Bu kodlar her horizon derinliğinde farklıdır. Yüzey derinliği için yeni renk kodları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

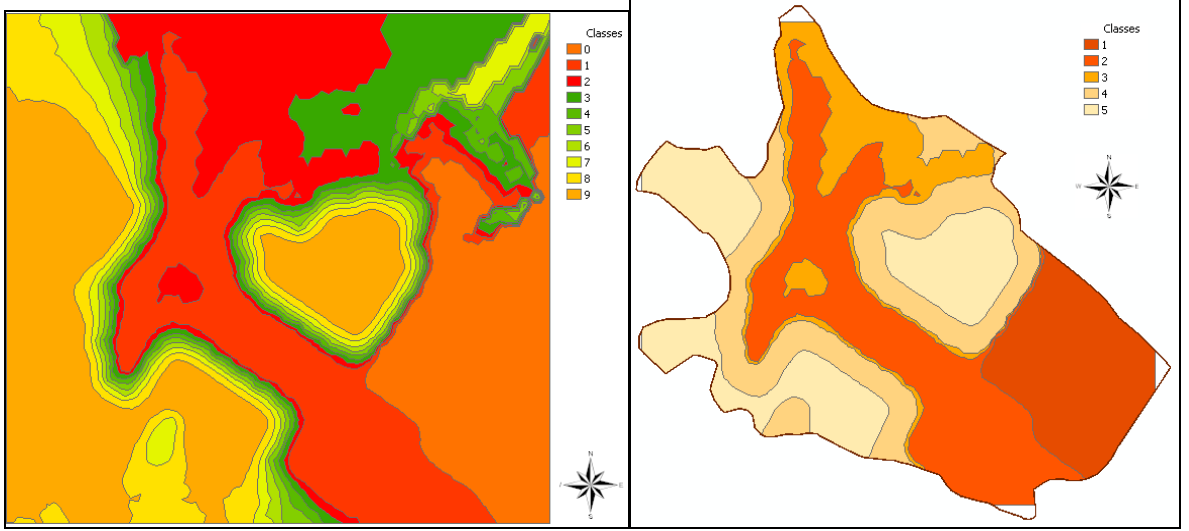
Çizelge 4.14. Yüzey derinliği için interpolasyon sonrası yenilenen renk kodları

KOD	ARALIK	KOD-VALUE/CHROMA	HUE-VALUE/CHROMA
1	423–428,18	4–2/3	5YR–2/3
2	428,18–431,66	4–3/1	5YR -3/1
3	431,66–433,99	4–3/2	5YR -3/2
4	433,99–504,75	4–3/4	5YR -3/4
5	504,75–543	5–4/3	7.5YR -4/3

Çizelge 4.14’de verilen kodlar çerçevesinde alandaki toprak rengi dağılımı incelendiğinde, Alüvyal yelpaze üst zonunda 5YR–3/1 ile 5YR -3/2 topraklar; orta zonunda 5YR -3/1 ile 5YR -3/4 topraklar; alt zonun tamamının ise 5YR–2/3 topraklardan oluştuğu görülmektedir. Çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde toprak rengi dağılımı yüksek arazilerden alçak alanlara doğru 7.5YR–4/3 ve 5YR -3/4 şeklinde bir dağılım; kuzeydeki kolüvyal arazide ise 5YR -3/4, 5YR–3/2, 5YR -3/4 şeklinde bir dağılım göstermiştir. Alüvyal yelpazenin topraklarının kolüvyal topraklardan daha koyu oldukları bu altlıktan tespit edilmiştir.

Bu dağılımlarda altlık haritada görülen çeşitlilik ve arazi koşullarından toplanan veriden farklılık, bu değişkene dair kodlama sisteminin yapısına dair problemleri ortaya koymuştur. Toprak rengi tanımlayıcı değerlerinin (Hue-Value-Chroma) rakamsal hale getirilip birlikte kodlanmasıyla yapılan sayısal analizlerde, birliktelik değerlerinin ölçülmüş noktalardan ölçülmemiş noktaların tahmini hesaplamasında kullanılmasıyla renk kodlaması için bazı küçük alanlarda geçersiz olabilecek yeni değerler sistem tarafından hesaplanmıştır. Toprak rengi değişkeninin pedotransfer kodlaması için örnek teşkil edebilecek ya da bu değişkenin jeostatistiksel dağılımı üzerine yapılan herhangi bir çalışmaya da ratlanamaması sebebiyle

bu problemin çözümüne yönelik ileri düzey öneriler geliştirilememiştir. Bu değişkenin altlığında toprak sınırlarının değişim aralıkları olan geçiş horizonlarında, diğer toprak özelliklerinin altlıklarında görülenden daha kalın tampon bölgeleri (buffer) tespit edilmiştir.



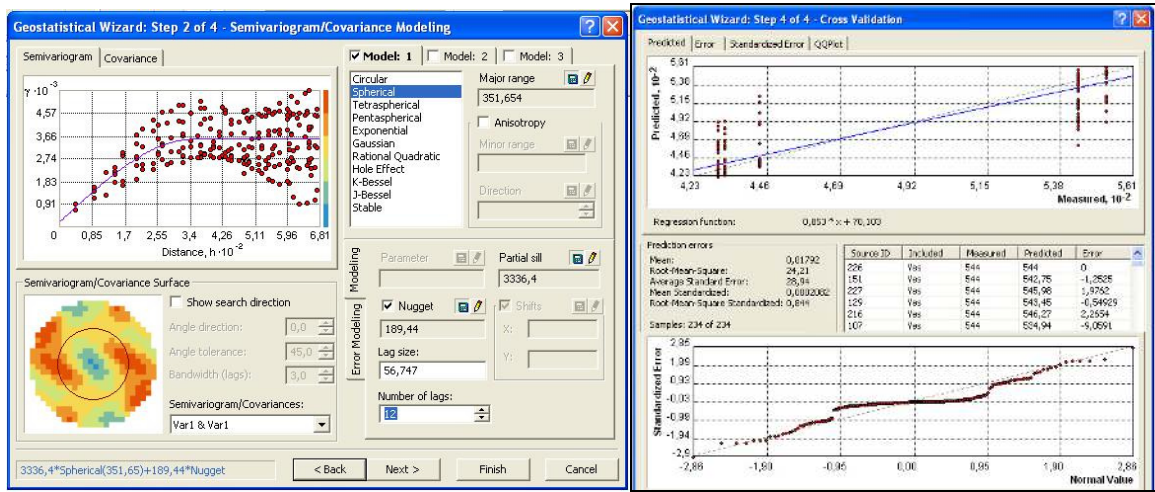
Şekil 4.19. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliğinde toprak rengi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Toprak rengi değişkeninin çalışma alanı bütününde 30–90 cm katmanındaki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 57 m, model için etki aralığı 352 m olarak saptanmıştır. Horizonun toprak rengi için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 352 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere

çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların çok az düzeyde olduğu Şekil 4.20’den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.20) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a yakın (0,01792), RMSS değerinin (0,84) de 1’e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.20. Horizonun 30–90 cm derinliğinde toprak rengi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

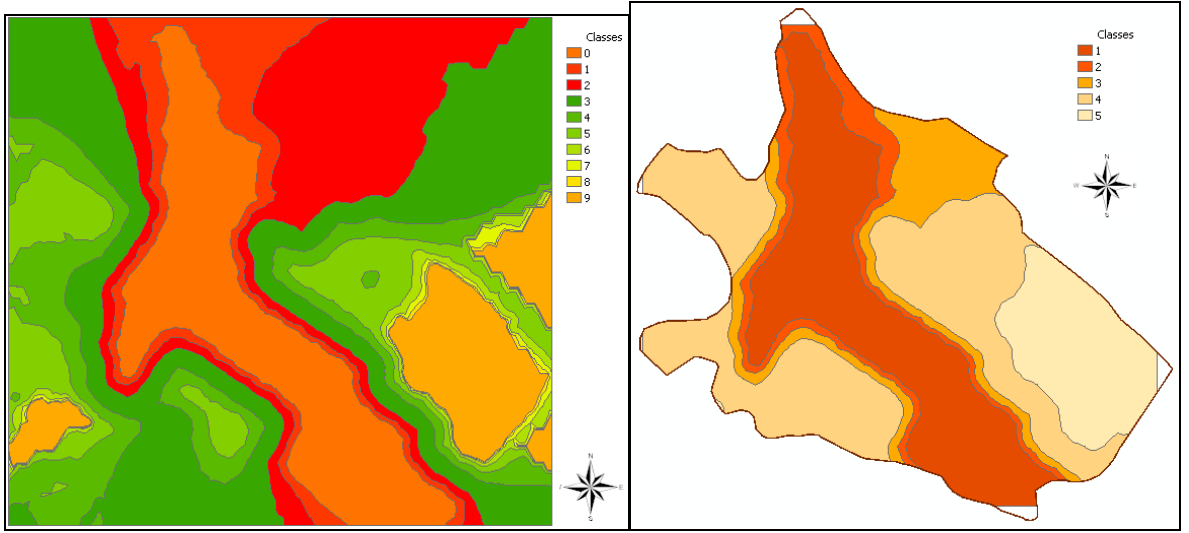
Çalışma alanı 30–90 cm horizonu renk dağılımının sınıf değerlerinin (Şekil 4.21), Çizelge 4.2’de tanımlanan kabuller doğrultusunda öngörülen hue-value-chroma kodlarının birleşiminden farklı olduğu görülmektedir. Bu değişken için Ordinary Kriging ile hesaplanan değerler yeniden sınıflandırıldıktan sonra söz konusu sayısal aralıklara yeni kodlar verilmiştir. Bu kodlar her horizon derinliğinde farklıdır. 30-90 cm derinliği için yeni renk kodları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. 30–90 cm derinliği için interpolasyon sonrası yenilenen renk kodları

KOD	ARALIK	KOD-VALUE/CHROMA	HUE-VALUE/CHROMA
1	431– 432,98	4–3/1	5YR -3/1
2	432,98 – 439,3	4–3/3	5YR -3/3
3	439,3 – 459,45	4–4/4	5YR -4/4
4	459,45 –550,14	5–4/4	7.5YR - 4/4
5	550,14–553	5–5/3	7.5YR - 4/3

Çizelge 4.15’de verilen kodlar çerçevesinde alandaki toprak rengi dağılımı incelendiğinde, Alüvyal yelpaze üst ve orta zonunda büyük oranda 5YR–3/1 az miktarlarda da 5YR -3/3 ve 5YR -4/4 renkli topraklar; alt zonun tamamına yakını ise 7.5YR - 4/3 topraklardan oluştuğu görülmektedir. Çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerin tamamına yakınında 7.5YR -4/4 ve 5YR -3/4 renginde topraklar; kuzeydeki kolüvyal arazide ise büyük ölçüde 5YR -4/4, az miktarda 5YR -3/3 renginde topraklar vardır. Çalışma alanından geçen dere boyunca yer alan alüvyal yelpazenin üst ve orta zonundaki toprakların diğer alanlardaki topraklara göre daha koyu oldukları bu altlıktan tespit edilmiştir.

Bu derinlikteki altlık haritada, bir önceki altlıkta bazı küçük lokasyonlar için görülen veri farklılığı görülmemiştir. Bu değişkenin altlığında toprak sınırlarının değişim aralıkları olan geçiş horizonlarında da bir üst derinlikte olduğu gibi, diğer toprak özelliklerinin altlıklarında görülenden daha kalın tampon bölgeleri (buffer) tespit edilmiştir.

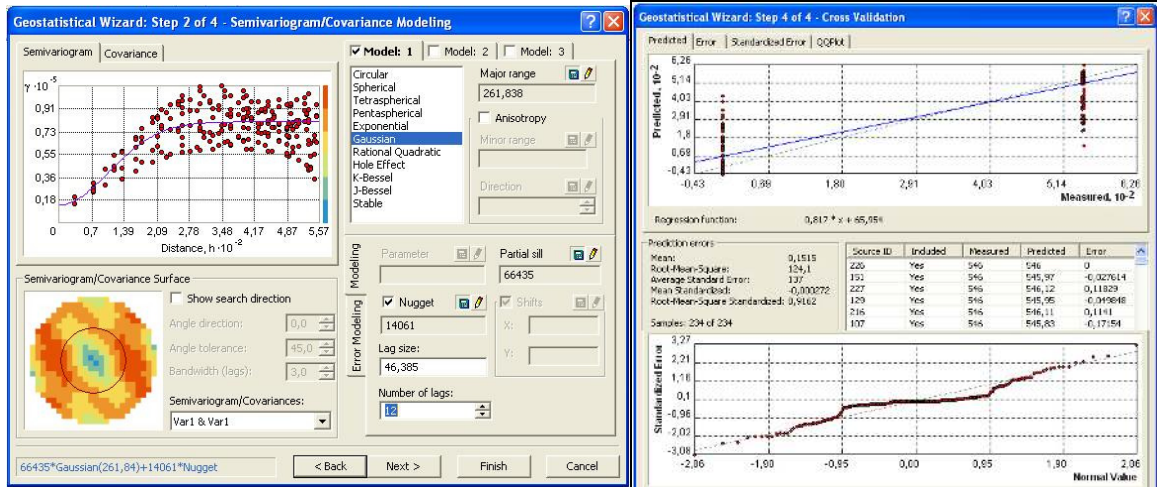


Şekil 4.21. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliğinde toprak rengi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Toprak rengi değişkeninin çalışma alanı bütününde 90+cm horizonundaki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 46 m, model için etki aralığı 262 m olarak saptanmıştır. Horizonun toprak rengi için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 262 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların az düzeyde olduğu Şekil 4.22’den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.22) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a yakın (0,1515), RMSS değerinin (0,92) ise 1'e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.22. Horizonun 90+cm derinliğinde toprak rengi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

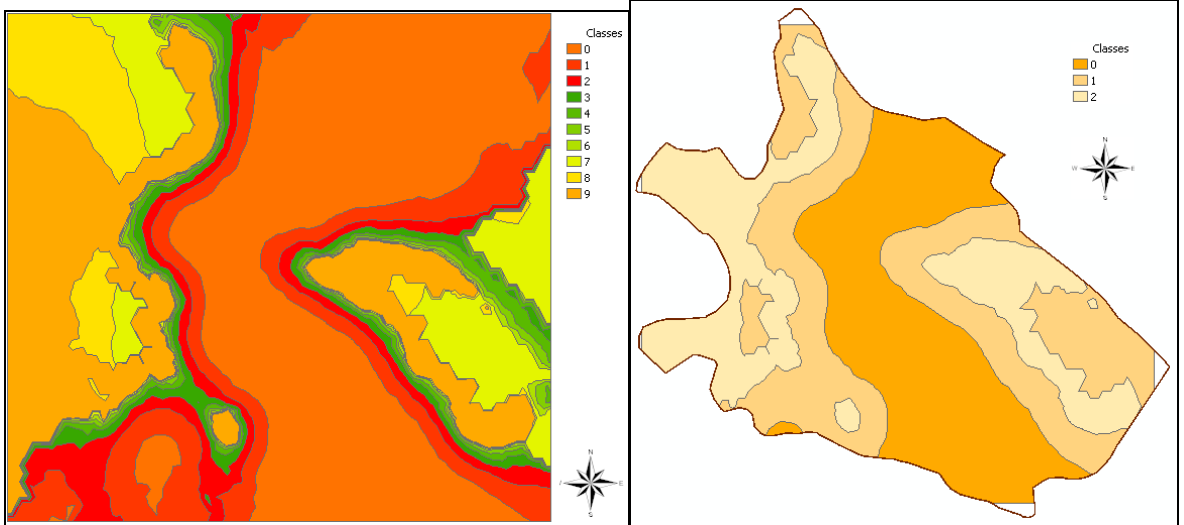
Çalışma alanı 90+cm horizonu renk dağılımının sınıf değerlerinin (Şekil 4.23), Çizelge 4.2'de tanımlanan kabuller doğrultusunda öngörülen hue-value-chroma kodlarının birleşiminden farklı olduğu görülmektedir. Bu değişken için Ordinary Kriging ile hesaplanan değerler yeniden sınıflandırıldıktan sonra söz konusu sayısal aralıklara yeni kodlar verilmiştir. Bu kodlar her horizon derinliğinde farklıdır. 90+cm derinliği için yeni renk kodları Çizelge 4.16'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. 90+cm derinliği için interpolasyon sonrası yenilenen renk kodları

KOD	ARALIK	KOD-VALUE/CHROMA	HUE-VALUE/CHROMA
0	0 – 269,57	0	0
1	269,57 – 544	5–4/4	7.5YR – 4/4
2	544,23 – 546	5–4/6	7.5YR – 4/6

Çizelge 4.16’da verilen kodlar çerçevesinde alandaki toprak rengi dağılımı incelendiğinde, alüvyal yelpaze üst ve alt zonundaki renk dağılımlarında büyük benzerlikler olduğu görülmekte ve bu dağılım yarı yarıya oranda 7.5YR – 4/4 ve 7.5YR – 4/46 toprak renklerini içermektedir. Çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde de aynı durum ve renk dağılımı geçerlidir. Kuzeydeki kolüvyal arazide metamorfik kökenli masif yapılı C horizonuna ve alüvyal yelpaze orta zonunda ise yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığı için bu derinlikte toprak rengine dair okuma yapılamamıştır. Bu derinlikte renk okuması yapılamayan alanlar dışında alüvyal ve kolüvyal alanlar için belirgin bir renk ayrımı tespit edilmemiştir.

Bu derinlikteki dağılımlar için altlık haritada görülen çeşitlilik ve arazi koşullarından toplanan veriden farklılıklar, bu değişkene dair bir en üst katmanda (0–30 cm) da karşılaşılan kodlama sisteminin yapısına dair problemleri ortaya koymuştur. Bu değişkenin altlığında toprak sınırlarının değişim aralıkları olan geçiş horizonlarında da üst derinliklerde olduğu gibi, diğer toprak özelliklerinin altlıklarında görüldenden daha kalın tampon bölgeleri (buffer) tespit edilmiştir.



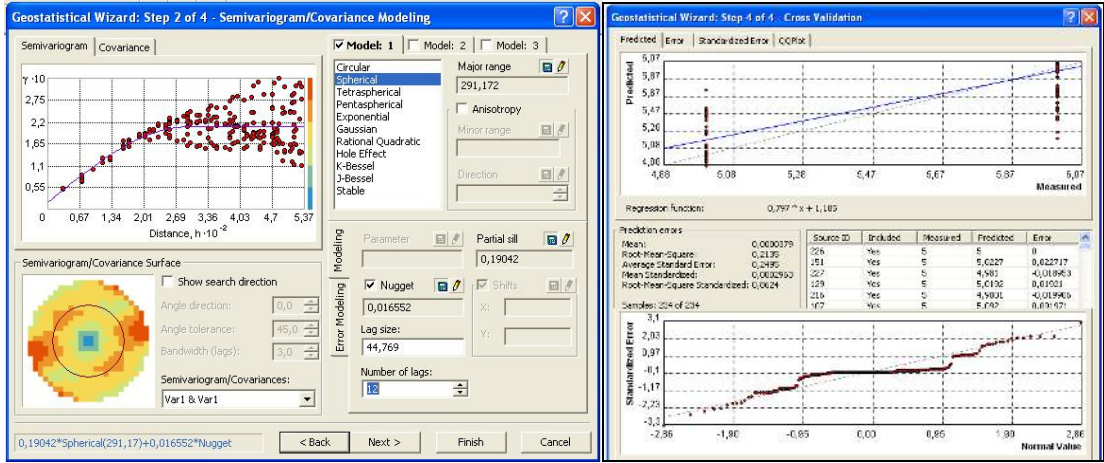
Şekil 4.23. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+cm derinliğinde toprak rengi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Strüktür Değişkeni;

Çalışmanın bu kısmında pedometrik haritalamanın diğer önemli bir değişkeni olan toprak strüktürünün alandaki dağılımı analiz edilmiştir. Çalışma alanındaki toprakların 0–30 cm derinliğindeki strüktür tipi değişkeninin dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariyogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’da verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 45 m, model etki aralığı 291 m olarak saptanmıştır. Horizonun strüktür tipi dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 291 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

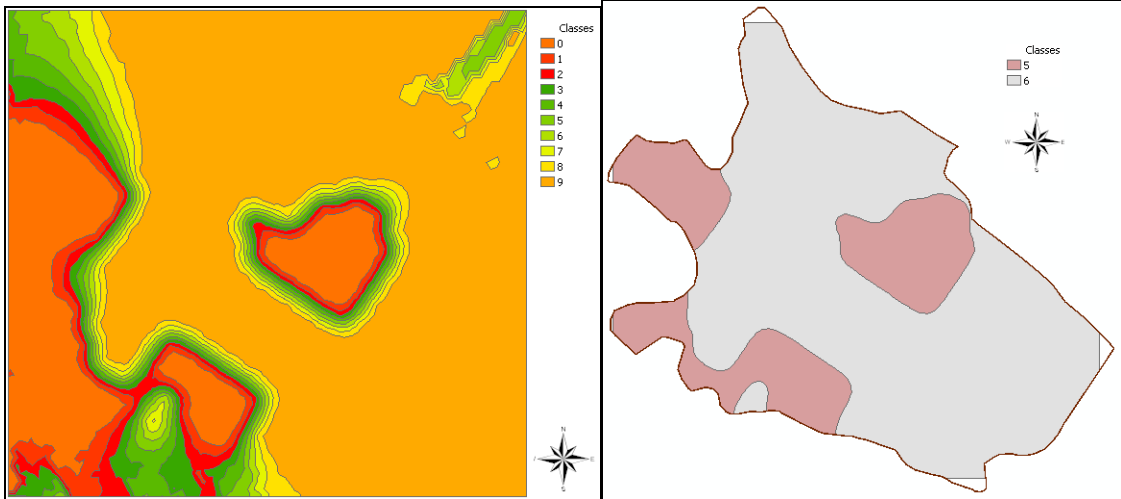
Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların az düzeyde olduğu Şekil 4.24’den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.24) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0000379), RMSS değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu (0,86), dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24. Horizonun 0–30 cm derinliğinde strüktür tipi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanı topraklarının 0–30 cm derinliği için hesaplanmış olan strüktür tipi değişiminin dağılımı Şekil 4.25’de toplu olarak verilmiştir. Buna göre alanda yan köşeli blok (5 numaralı sınıf) ve granüler (6 numaralı sınıf) olmak üzere iki tip strüktür vardır. Alüvyal yelpaze olarak tanımlanan jeomorfolojik ünitenin tamamının granüler, aynı şekilde alanın kuzeyinde bulunan bir kısım kolüvyal ünite için de strüktür granüler yapıdadır. Geri kalan kolüvyal arazinin ise yarı köşeli blok olduğu saptanmıştır.

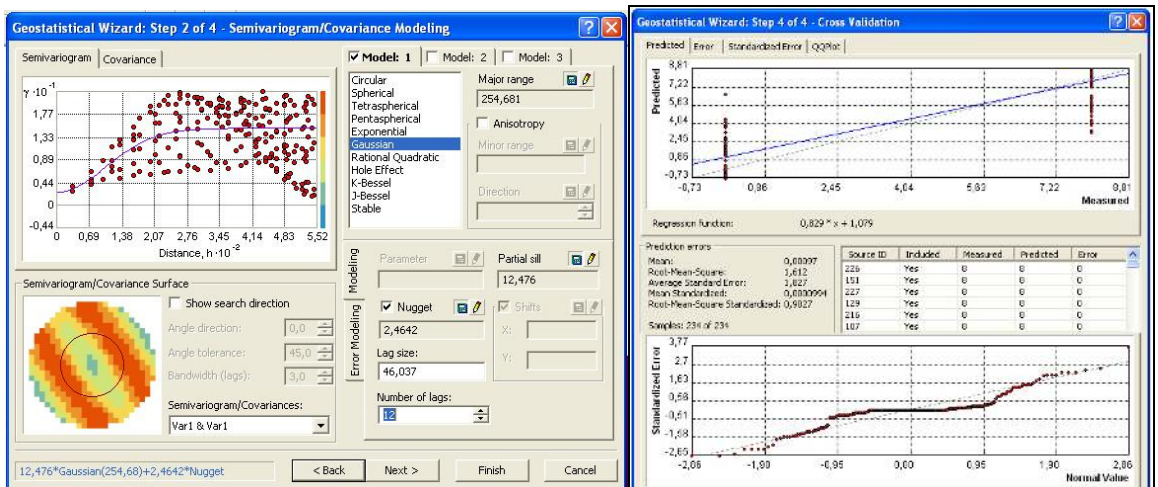


Şekil 4.25. Ordinary Kriging ile tahmin edilen 0–30 cm derinliğinde strüktür tipi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Aynı değişkeninin, 30–90 cm derinlikte bütün çalışma alanında her nokta için sabit değer içerdiğinden semivaryogramı program tarafından hesaplanmamıştır. Çalışma alanı en alt horizonu olan 90+cm derinliğindeki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ise Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 46 m, model etki aralığı 255 m olarak saptanmıştır. Horizonun strüktür tipi dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 255 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

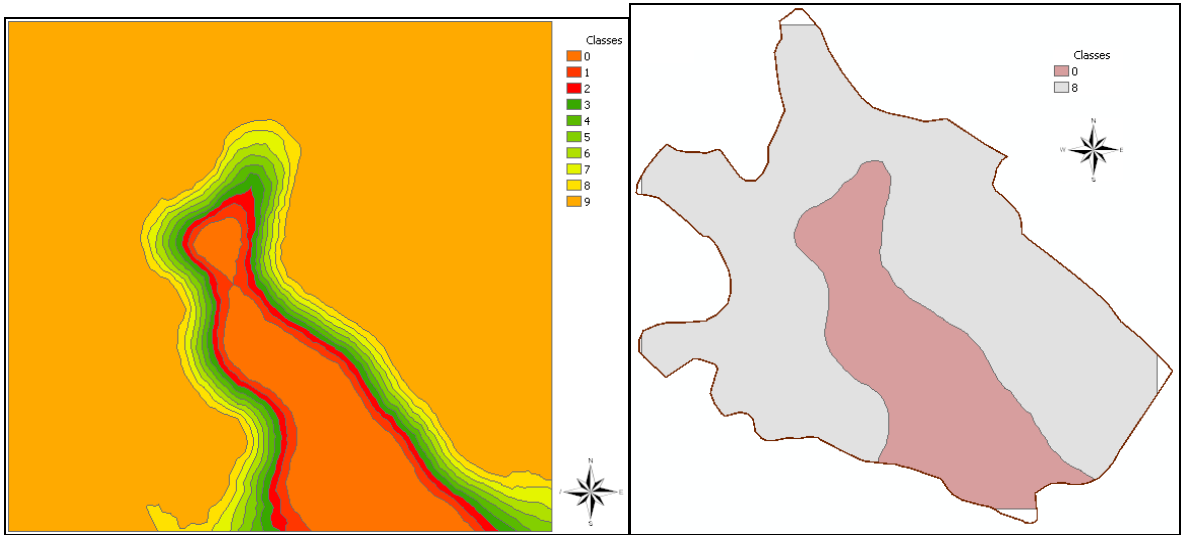
Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların çok az düzeyde olduğu Şekil 4.26’dan görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.26) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a oldukça yakın (0,00097), RMSS değerinin (0,90) de 1’e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.26. Horizonun 90+cm derinliğinde strüktür tipi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanının 90+cm derinliği için strüktür tipi değişiminin görüldüğü Şekil 4.27'ye göre alanda yalnızca masif strüktür (8 numaralı sınıf) oluşumunun varlığı görülmektedir. Genç oluşumlar olarak kabul edilen aluviyal yelpaze ve koluviyal araziler için bu durum son derece normal bir durumdur. Alüvyal yelpaze olarak tanımlanan jeomorfolojik ünitenin orta horizonuna tekabül eden alan için bu derinlikte yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığından strüktür tipi oluşumu gözlenememiştir ve bu sebeple sınıfı 0 olarak görülmektedir. Bu alanın sınırının Kriging interpolasyon yöntemiyle oldukça net ve düzgün olarak saptandığı da bu altlık haritada görülmektedir.



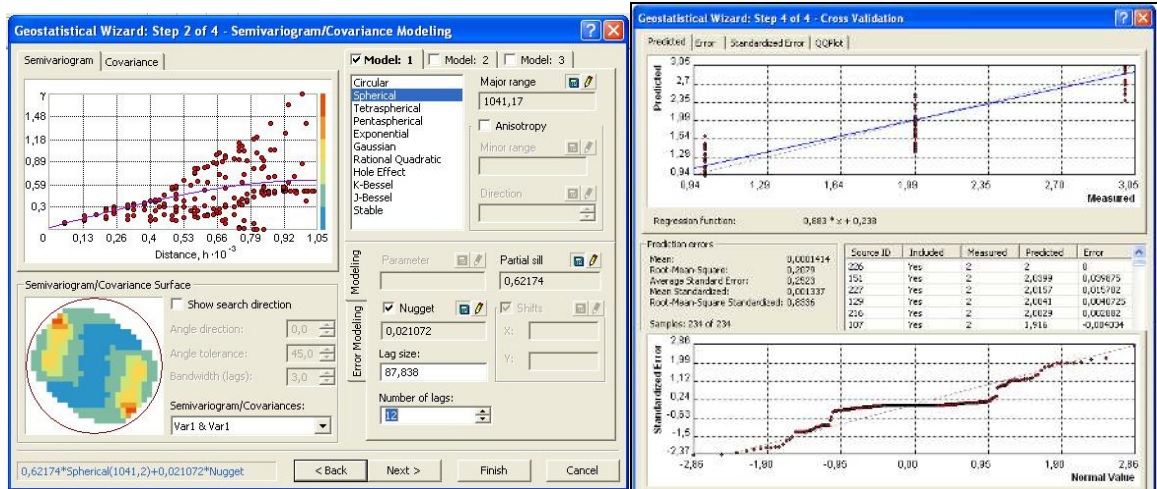
Şekil 4.27. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+cm derinliğinde strüktür tipi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Çalışma alanı strüktür büyüklüğü değişkeninin dağılımı yalnızca çalışma alanı yüzey horizonu olan 0–30 cm derinliğinde değişkenlik gösterdiği için sadece bu horizonunda hesaplanmıştır ve bu dağılımın saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun

semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Horizonun strüktür büyüklüğü dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13'deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

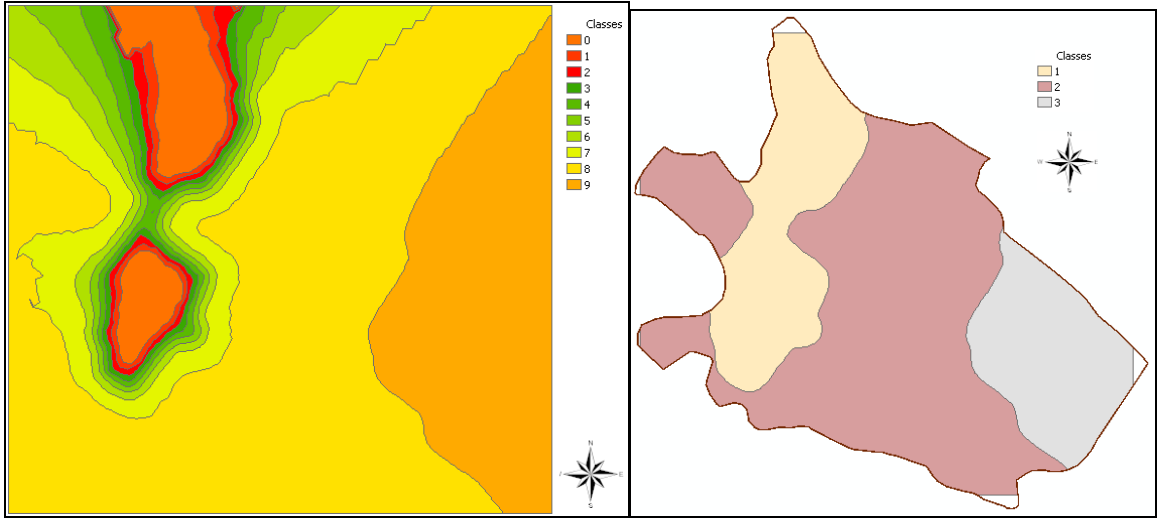
Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların olduğu Şekil 4.28'den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.28) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0001414), RMSS değerinin (0,83) de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.28. Horizonun 0–30 cm derinliğinde strüktür büyüklüğü değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen strüktür büyüklüğü değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.29'da verilmiştir. 0–30 cm derinliği için strüktür büyüklüğü değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; alanda küçük (1 numaralı sınıf), orta (2 numaralı sınıf) ve büyük (3 numaralı sınıf) strüktür varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinde strüktür büyüklüğünün üst zondan aşağıya inildikçe büyüdüğü, kolüvyal üniteler için ise orta büyüklükte kaldığı bu altlık haritadan tespit edilmiştir. Yüzey horizonu için strüktür tipi ve büyüklüğü birlikte ele alındığında, kolüvyal arazi üzerindeki yarı köşeli blok strüktür tipinin orta büyüklükte olduğu, granüler yapıda ise büyüklüğün değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.



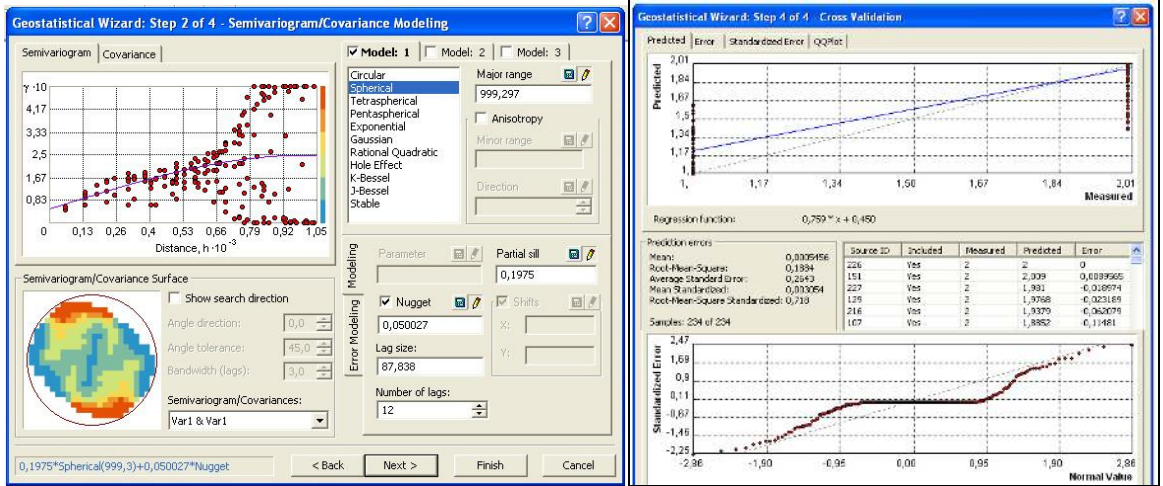
Şekil 4.29. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliğinde strüktür büyüklüğü dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Çalışma alanı strüktür dayanıklılığı değişkeni de büyüklük değişkeni gibi yalnızca çalışma alanı yüzey horizonu olan 0–30 cm derinliğinde değişkenlik gösterdiği için sadece bu horizonunda hesaplanmıştır ve bu dağılımın saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12'de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model etki aralığı 999 m olarak saptanmıştır. Horizonun strüktür dayanıklılığı dağılımı için bulunan bu değer, bu

değişkenin yatayda 999 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13'deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların az olduğu Şekil 4.30'dan görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.30) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0005456), RMSS değerinin (0,72) de 1'e yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



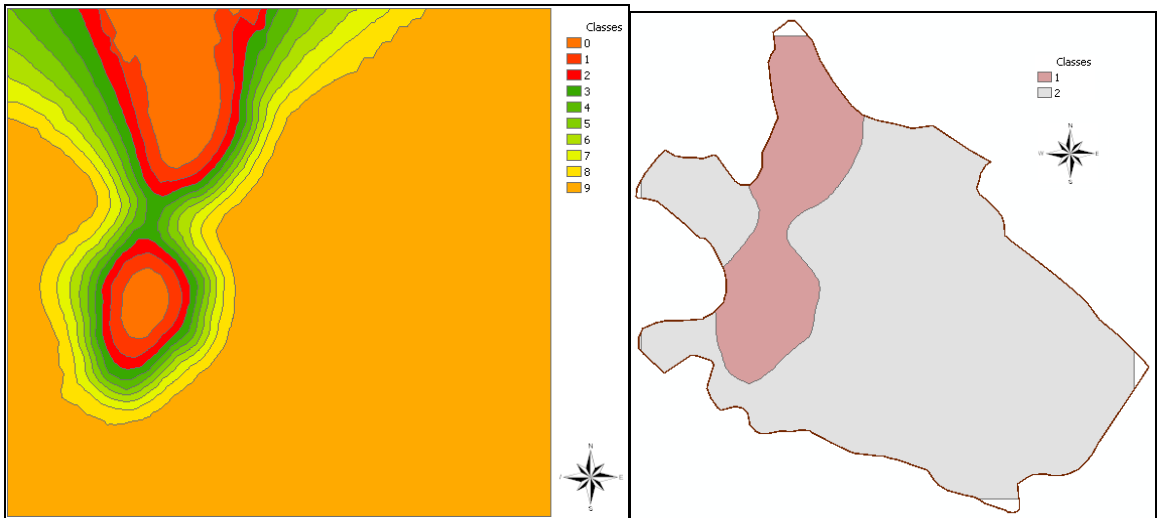
Şekil 4.30. Horizonun 0–30 cm derinliğinde strüktür dayanıklılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanı bütününde 0–30 cm için strüktür dayanıklılığı değişiminin izlendiği Şekil 4.31'de, alanda zayıf (1 numaralı sınıf) ve orta (2 numaralı sınıf) olmak üzere iki çeşit

değişkenin varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin üst zonunun dayanıklılığının zayıf oluşu dışında alanın tamamının orta derecede strüktürel dayanıklılık gösterdiği saptanmıştır.

Yüzey horizonu için strüktür tipi, büyüklüğü ve dayanıklılığı birlikte ele alındığında, kolüvyal arazi üzerindeki yarı köşeli blok strüktür tipinin orta büyüklükte ve orta derece dayanıklılıkta olduğu, granüler yapıda değişkenlik gösteren strüktür büyüklüğünün, dayanıklılık değişkeni için alüvyal yelpaze üst zonunun zayıflığı dışında kalan alanlar için orta derecede dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Söz konusu üst zon için küçük olan granüler strüktür yapı aynı zamanda zayıf dayanıklılık gösterdiği de bu altlık haritada görülmektedir.

Strüktür tipi, büyüklüğü ve dayanıklılığına yönelik çalışma alanı bütününde yapılan jeoistatistiksel analizler sonucu elde edilen altlıkların yorumlanması ile çok önemli genetiksel ilişkiler ve sonuçları, pedometrik haritalama yöntemi sayesinde netlikle tespit edilmiştir. Bu yöntemin modern toprak haritalama sistematığı çerçevesinde mutlaka kullanılması gereken bir yöntem olduğu gerçeği bir kere daha bu analizler ile kanıtlanmıştır.



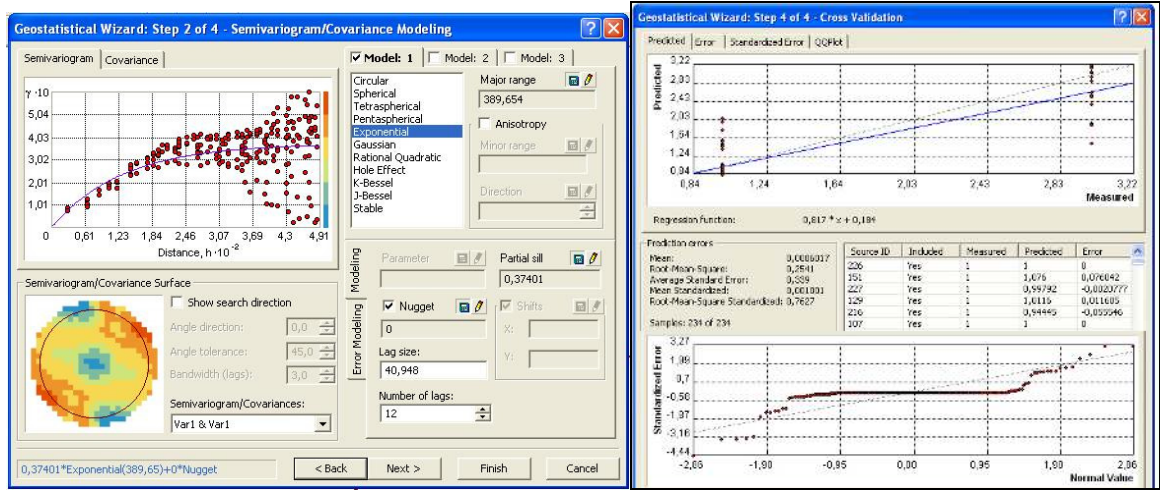
Şekil 4.31. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için strüktür dayanıklılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Drenaj Değişkeni;

Toprak özelliklerinden bir başkası olan drenaj değişkeni yalnızca çalışma alanı en alt horizonu olan 90+cm derinliğinde değişkenlik gösterdiği için sadece bu horizonta hesaplanmıştır ve bu dağılımın saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 41 m, model etki aralığı 390 m olarak saptanmıştır. Horizonun drenaj dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 390 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların az olduğu Şekil 4.32’den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.32) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0006017), RMSS değerinin (0,76) de 1’e yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



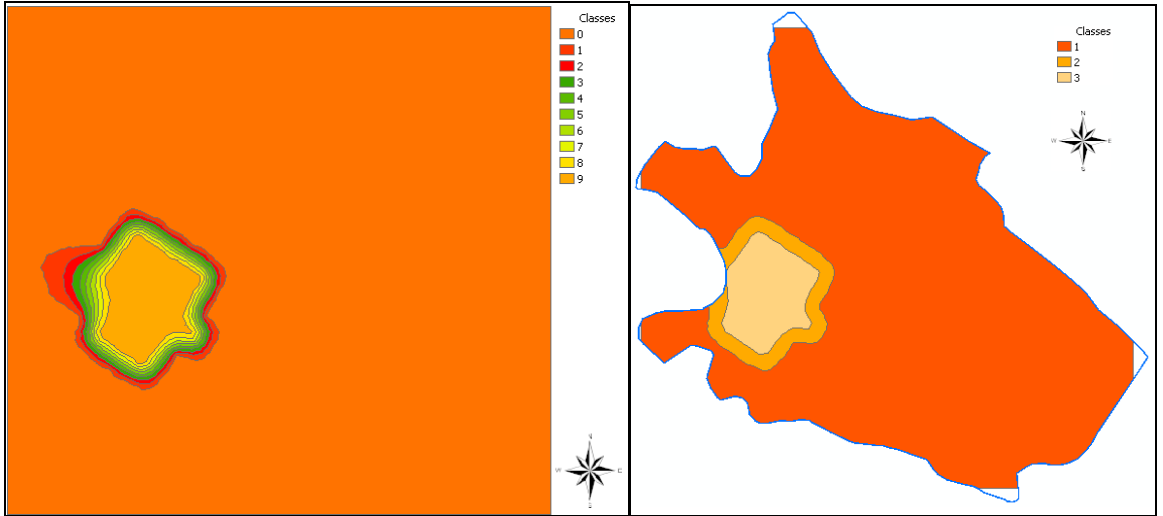
Şekil 4.32. Horizonun 90+cm derinliğinde drenaj değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen drenaj değişkeninin Kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.33’de verilmiştir. En alt horizon olan 90+cm derinliği için drenaj değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; iyi (1 numaralı sınıf), yetersiz (2 numaralı sınıf) ve orta drenaj (3 numaralı sınıf) olmak üzere üç çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Batıda yer alan orta ve yetersiz drenajlı küçük iç içe alanlar dışında tüm alanın iyi drenajlı olduğu altlık haritadan görülmektedir. Ancak veri tabanına bakıldığında orta drenajlı görülen 3 numaralı sınıf dışında bütün alan için iyi drenaj değerlerinin girilmiş olduğu görülmektedir. Bu iki sınıf arasında kalan yetersiz drenajlı 2 numaralı sınıfı interpolasyon sistemi kendisi hesaplamıştır. Drenaj değişkeni için sistem tarafından kendiliğinden tespit edilen söz konusu bu kademeli geçiş mantığının netliği pedometrik haritalamanın en güçlü yanlarından birini vurgulamaktadır. Nasıl ki pedonların sınırları bıçakla kesilir gibi değişmiyor ise coğrafyaya bağlı pedolojik bir değişken olan drenajın da bıçakla kesilir gibi değişmeyeceği de aşikârdır. Hâlbuki geleneksel (uzman insiyatifli) bir etüt haritalamada “derenajı iyi bir toprak” ile “drenajı fena olan” ya da “drenajı orta olan bir toprak” iyi drenajlı bir toprakla (sınırın bir tarafı o öteki tarafı bu olacak şekilde)

yanyana sınıflanmaktadır. Söz konusu bu duruma örnek teşkil edebilecek ve uzmanlar tarafından yapılmış olan pek çok haritalama örneği bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu noktada, araştırma alanında haritalanmamış olmasına rağmen pedometrinin yakalamış olduğu ve bu tez çalışması kapsamında da yer kontrolleri ile var olduğu saptanmış olan “yetersiz drenaj” sınıflaması, bu yöntemin en önemli ve en sağlıklı taraflarından birini daha göstermektedir.

Yetersiz drenajlı olarak tespit edilen bu alanın arazideki topoğrafik durumu değerlendirildiğinde de çukur bir topoğrafyaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Geçmişte eski göl tabanı olduğu tahmin edilen bu alanın bu derinlikteki tekstürel durumuna bakıldığında da ince tekstürlü bir yapıda oluşu bu tahmini desteklemiştir. Ayrıca yine bu derinlikte alanda tespit edilen organik materyal varlığı da bu tahmini kesinleştirmemizi sağlamıştır. Bu derinlik için yapılan korelasyon analizinde (Çizelge 4.11) drenaj ile organik materyal ilişkisine dair hesaplanmış olan negatif tam ilişkinin varlığı da dikkate alınması gereken önemli bir ilişki olmuştur. Bu analize göre drenaj problemi olan alanlarda organik materyal varlığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.33. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için drenaj dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Organik Materyal Değişkeni;

Toprak özelliklerinden bir başkası olan organik materyal içeriği değişkeni yalnızca çalışma alanı en alt horizonu olan 90+ cm derinliğinde değişkenlik gösterdiği için sadece bu horizontta hesaplanmıştır ve bu dağılımın saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 41 m, model etki aralığı 281 m olarak saptanmıştır. Horizonun organik materyal dağılımı için bulunan bu değer, bu değişkenin yatayda 281 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.13’deki değerlerden bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği hesaplanmıştır.

Diğer araştırmacıların toprak organik maddesinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları incelendiğinde uzaysal bağımlılığın kuvvetliden zayıfa kadar değişik derecelerde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17). Bu bulgular ışığında değerlendirildiğinde bu tez çalışması ile bulunmuş etki aralığının (281 m) kuvvetli uzaysal değişkenlik gösteren diğer çalışmalardakinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

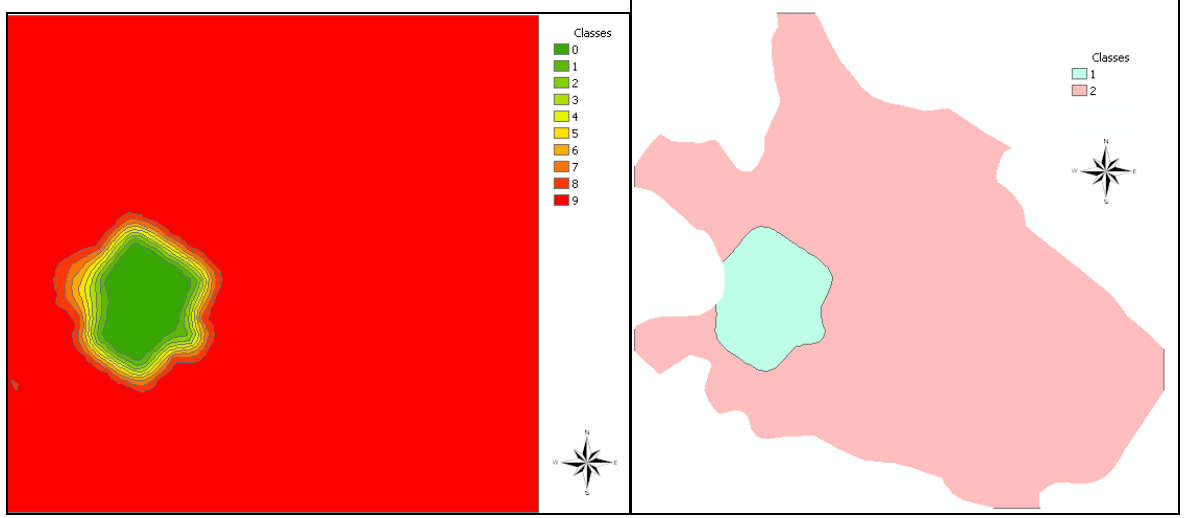
Çizelge 4.17. Farklı araştırmacıların toprak organik madde içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları

ARAŞTIRMACI	DERİNLİK (cm)	ALAN (ha)	Co/Co+C (%)	UZAYSAL BAĞIMLILIK	ETKİ ARALIĞI (m)
Erşahin 1999	0–30	8,5	83,00	***	320
	30–60		67,00	**	500
Yetgin 2004	0–30	3	31,42	**	126,70
Akbaş 2004	0–30	32	28,57	**	237,9
Miao vd 2006	Üst	32,8	67,3	**	306
Kılıç ve Kılıç 2006	0–30	0,36	0,07	*	210
	30–60				
	60–90				
Virgilio vd 2006	0–30	4,8	63,00	**	253
Ongun 2008	0–30	9,8	38,81	**	286,5
	30–60				

* Kuvvetli uzaysal bağımlılık ** Orta derecede uzaysal bağımlı *** Zayıf uzaysal bağımlı

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmaların az olduğu Şekil 4.34’den görülmektedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.34) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0003679), RMSS değerinin (0,84) de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



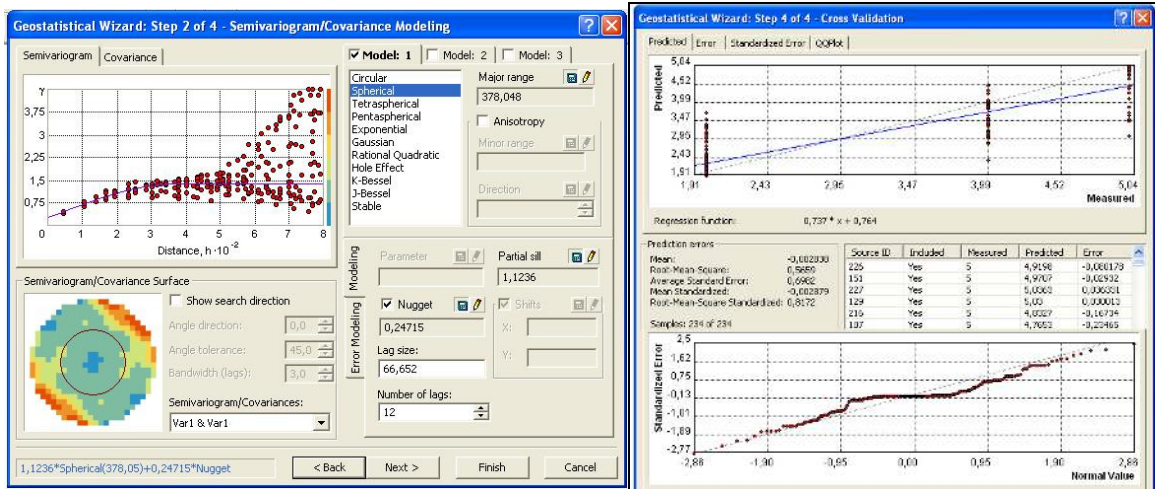
Şekil 4.35. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+cm derinliği için organik materyal içeriği dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Yüzey Taşlılığı Değişkeni;

Bir diğer özellik olan yüzey taşlılığı değişkeninin çalışma alanındaki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri her bir derinlik için aynıdır (Çizelge 4.12). Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 67 m, model etki aralığı 378 m olarak saptanmıştır. Horizonun yüzey taşlılığı için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 378 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.36) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,002838), RMSS (0,82) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

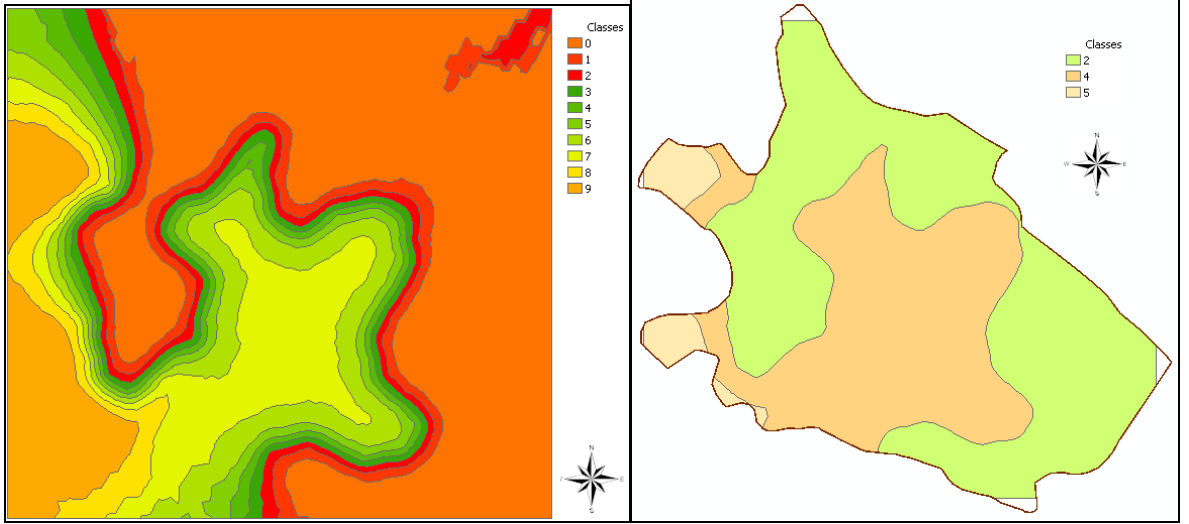


Şekil 4.36. Yüzey taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen yüzey taşlılığı değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.37'de verilmiştir. Yüzey taşlılığı değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; alanda çok az taşlı (%0,1–2) (2 numaralı sınıf), orta taşlı (%5–15) (4 numaralı sınıf) ve çok taşlı (%15–50) (5 numaralı sınıf) olmak üzere üç çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin üst zonu için az olan taşlılığın orta zonda orta taşlılık ve alt zonda yine az taşlılık şeklinde bir değişim izlendiği Şekil 4.37'de görülmektedir. Çalışma alanının batısında yer alan kolüvyal arazilerde taşlılığın eğimle birlikte azaldığı ancak alüvyal yelpazeye göre arazinin çok taşlı olduğu görülmektedir. Kuzeydeki kolüvyal alanda ise taşlılığın yüzeyi kaplama oranının %0,1 ila 2 değerinde olduğu dolayısıyla çok az taşlılık görüldüğü; güneybatı ve kuzeydoğudaki alanda ise

taşlılığın yüzeyi kaplama oranının % 5 ile 15 değerleriyle orta derecede olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, alanın yönlere bağlı ana kayaları ve alanı etkisi altına almış olan yan dereler ile de bağlantılıdır.



Şekil 4.37. Ordinary Kriging ile tahmin edilen yüzey taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

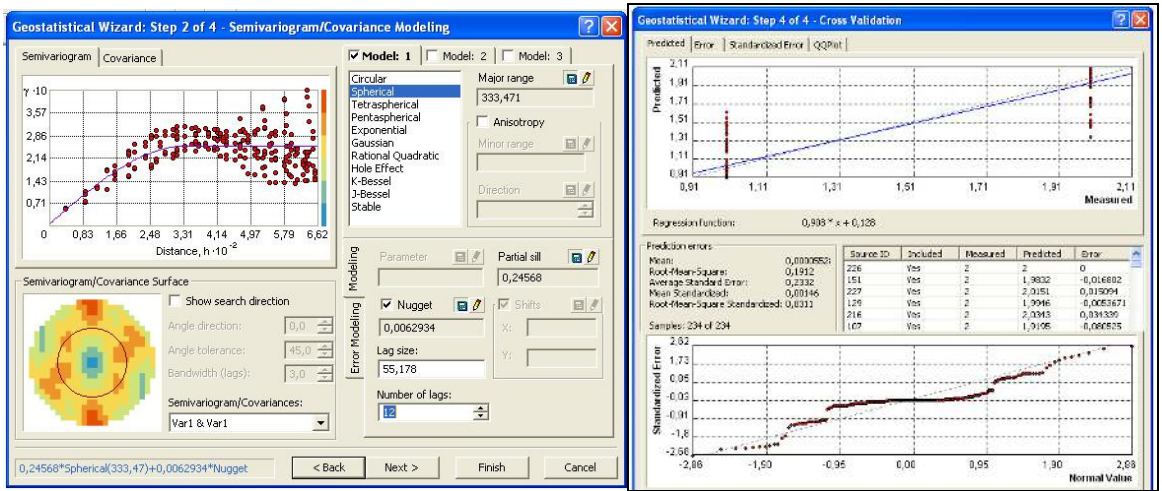
Taş Tipi Değişkeni;

Taş tipi değişkeninin çalışma alanındaki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri her bir derinlik için aynıdır (Çizelge 4.12). Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 55 m, model etki aralığı 333 m olarak saptanmıştır. Horizonun taş tipi için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 333 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir, ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama

grafığından; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.38) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,00005528), RMSS (0,83) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

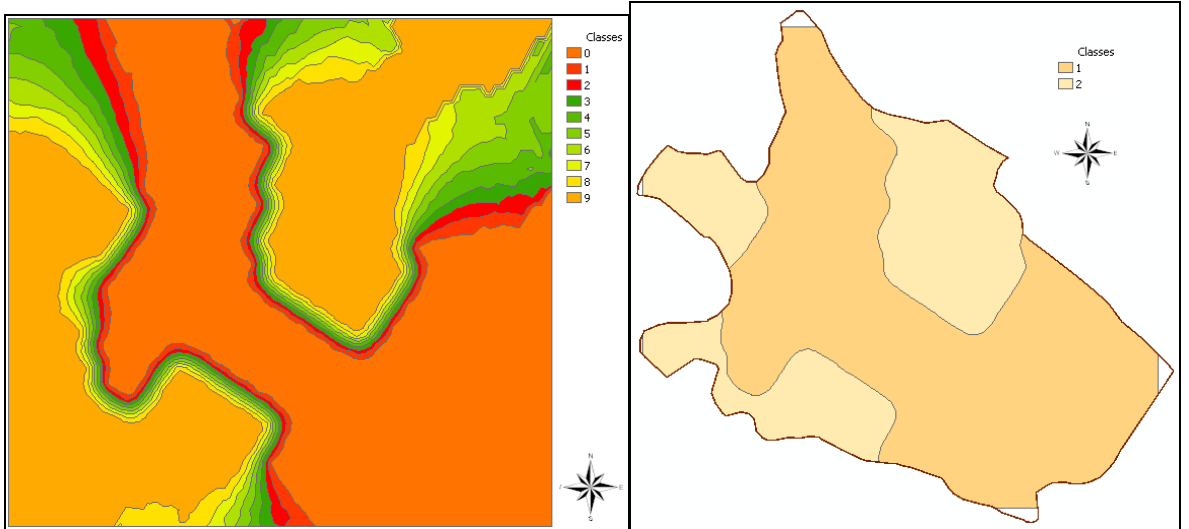


Şekil 4.38. Horizonun taş tipi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen taş tipi değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.39'da verilmiştir. Taş tipi değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; alanda yuvarlak köşeli (1 numaralı sınıf) ve keskin köşeli (2 numaralı sınıf) olmak üzere iki çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin tamamı için yuvarlak köşeli olduğu görülen taş tipinin kolüvyal arazilerdeki dağılımının ise keskin köşeli taşlardan oluştuğu haritada görülmektedir. Kolüvyal arazilerde bulunan köşeli taş tipinin varlığı ya kolüvyal araziye

oluşturan küçük dereciklerin depoladığı materyalleri yakın bir bölgeden taşınmış olduğunu ya da bu küçük dereciklerin materyallerini kireçtaşı, bazalt, andezit, granit gibi sert materyallerce zengin yörelerden koparıp depolamış olduğunu ifade etmektedir. Alüvyal yelpazedeki yuvarlak köşeli taşların varlığı da akarsuların getirdikleri materyalleri uzak mesafelerden aktıktan sonra biriktirmiş olmaları sebebiyle köşelerinin yuvarlaklaşmış olduğunu ifade etmektedir. Bu husus, gerek toprak genetiği ve gerekse jeomorfoloji bilim dalının uluslar arası kuralları ile bire bir örtüşmektedir. Şekil 4.39’da verilmiş olan haritadan da açıkça görüleceği üzere, taşlılık tipi değişkeninin pedonlar arası ayrımını oluşturan “geçiş horizonlarındaki” mesafenin de son derece kısa oluşu, böyle bir değişkenin pedometrik yöntemlerle ayırt edilmesindeki yüksek başarıya işaret etmesi bakımında önemlidir.



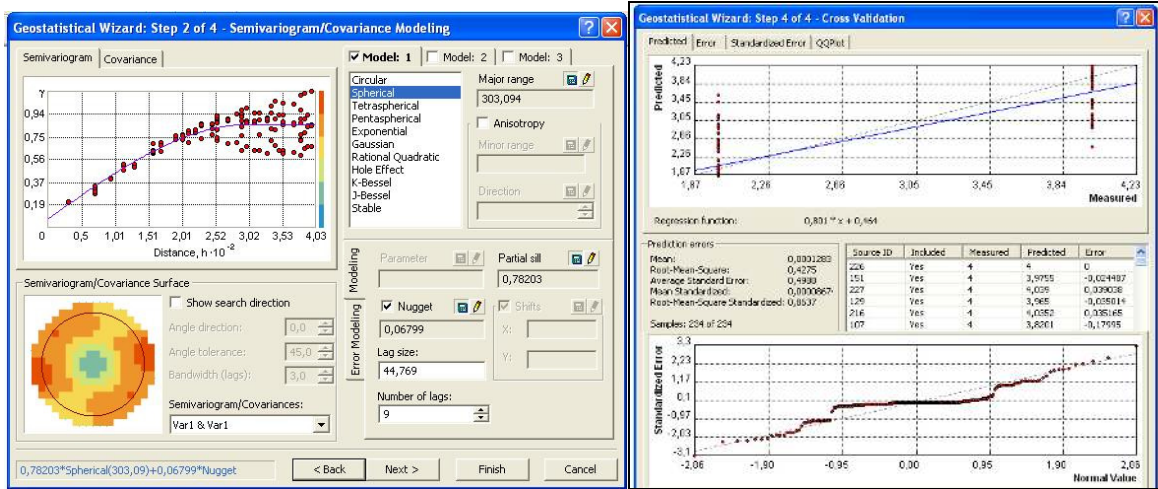
Şekil 4.39. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun taş tipi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Profil Taşlılığı Değişkeni;

Çalışma alanındaki toprak profillerinin önemli faz özelliklerinden birisi olan “yüzey taşlılığı” konusu, bir önceki kısımda ayrıntılı olarak incelenmiş ve elde edilmiş olan sonuçlar tablo, grafik ve harita olarak verilmiştir. Bununla birlikte, alandaki toprakların 0–30 cm derinlikleri için taşlılık değişimlerinin analiz edilmesi de yine faz özellikleri kapsamında önem arz etmektedir. İşte bu nedenle bu kısımda da toprak profillerinin 0–30 cm derinliklerindeki taşlılık değişiminin saptanması için bazı analizler yapılmış ve analizler için seçilen en uygun semivariyogram modeli ve model parametreleri de Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariyogram aktif lag mesafesi 45 m, model etki aralığı 303 m olarak saptanmıştır. Horizonun profil taşlılığı için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 303 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir, ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariyogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

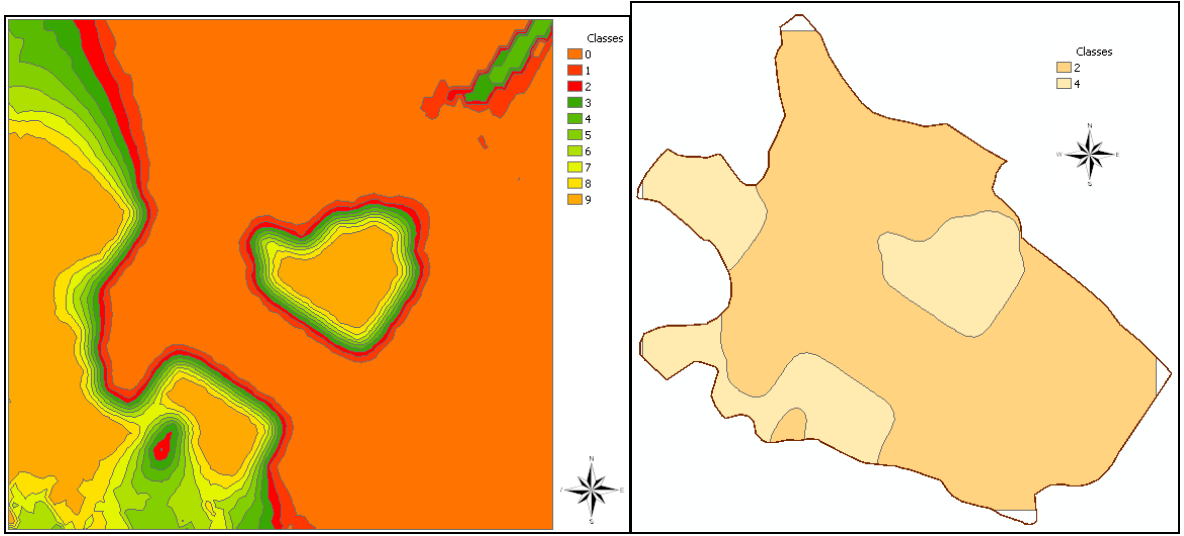
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.40) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0001283), RMSS (0,86) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.40. Horizonun 0-30 cm derinliğinde profil taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen profil taşlılığı değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.41’de verilmiştir. 0–30 cm derinlik için profil taşlılığı değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; alanda çok az taşlı (%0,1–2) (2 numaralı sınıf) ve orta taşlı (%5–15) (4 numaralı sınıf) olmak üzere iki çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin tamamı ve kuzeyde yer alan kolüvyal arazi için bu derinlikte çok az olan profil taşlılığının, çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde orta derecede olduğu görülmektedir. Alüvyal yelpaze orta zondaki orta derecedeki yüzey taşlılığı dışında, bu derinlikteki profil taşlılığı ile yüzey taşlılığı arasında paralellik olduğu tespit edilmiştir. Altlık haritalardaki dağılıma da yansıyan bu paralellik Çizelge 4.9’daki korelasyon analizinde de görülmektedir.

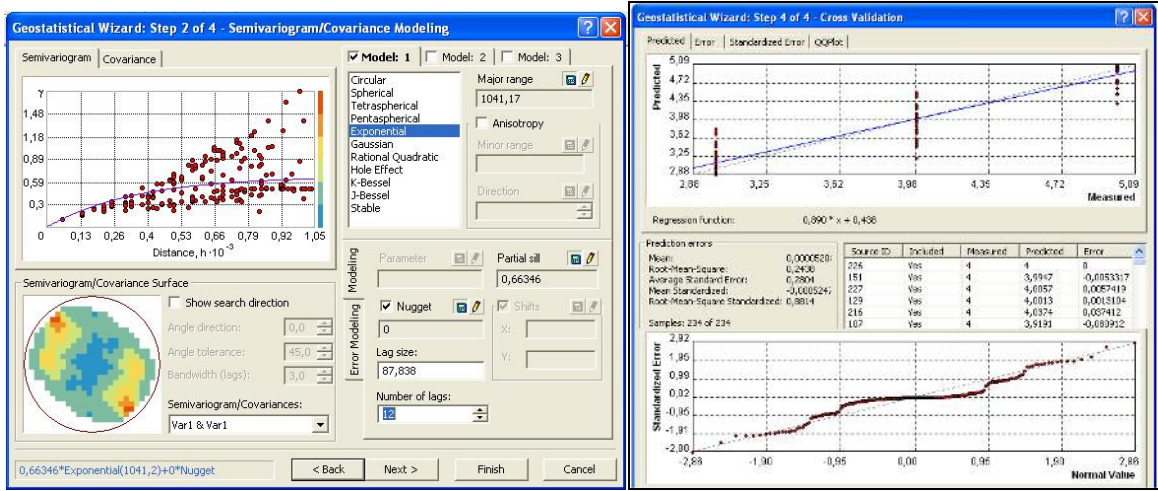


Şekil 4.41. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için profil taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Profil taşlılığı değişkeninin 30–90 cm derinlikteki değişimi analiz edildiğinde, seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri (Çizelge 4.12); uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Horizonun bu derinlikteki taşlılığı için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir, ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

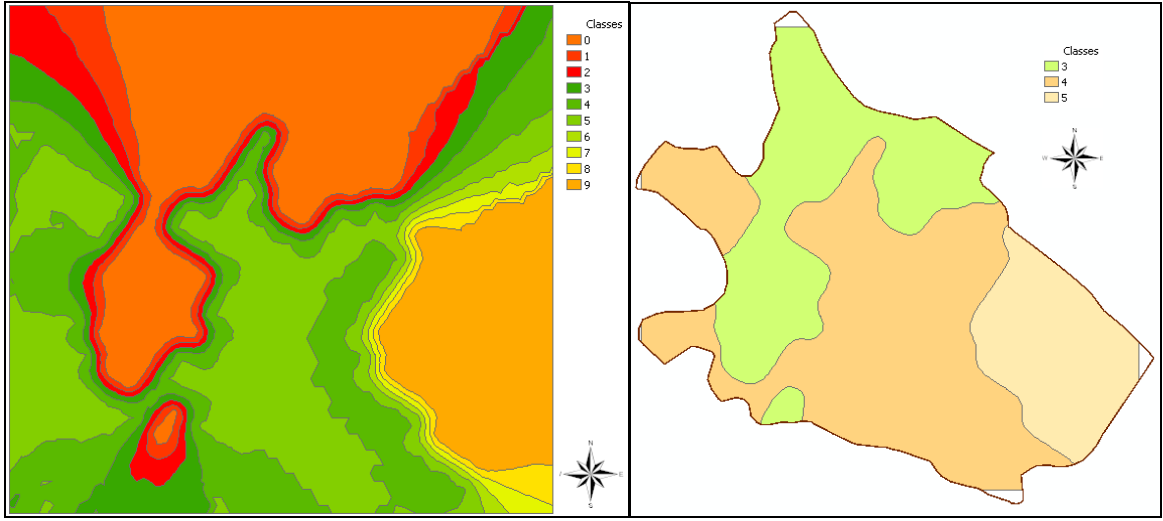
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.42) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,00005208), RMSS (0,88) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.42. Horizonun 30–90 cm derinliğinde profil taşlılığı değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen profil taşlılığı değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.43’de verilmiştir. 30-90cm derinlik için profil taşlılığı değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; alanda az taşlı (%2–5) (3 numaralı sınıf), orta taşlı (%5–15) (4 numaralı sınıf) ve çok taşlı (%15–50) (5 numaralı sınıf) olmak üzere üç çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin bu derinlikteki toprak profillerinin taşlılık dağılımına bakıldığında, taşlılığın üst zondan aşağıya doğru ve yüzey horizonundan aşağıya inildikçe artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kuzeyde yer alan kolüvyal arazi için bir üst derinlikte çok az olan taşlılığın, bu derinlikte arttığı; çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde aynı yüksek oranda kaldığı görülmektedir.



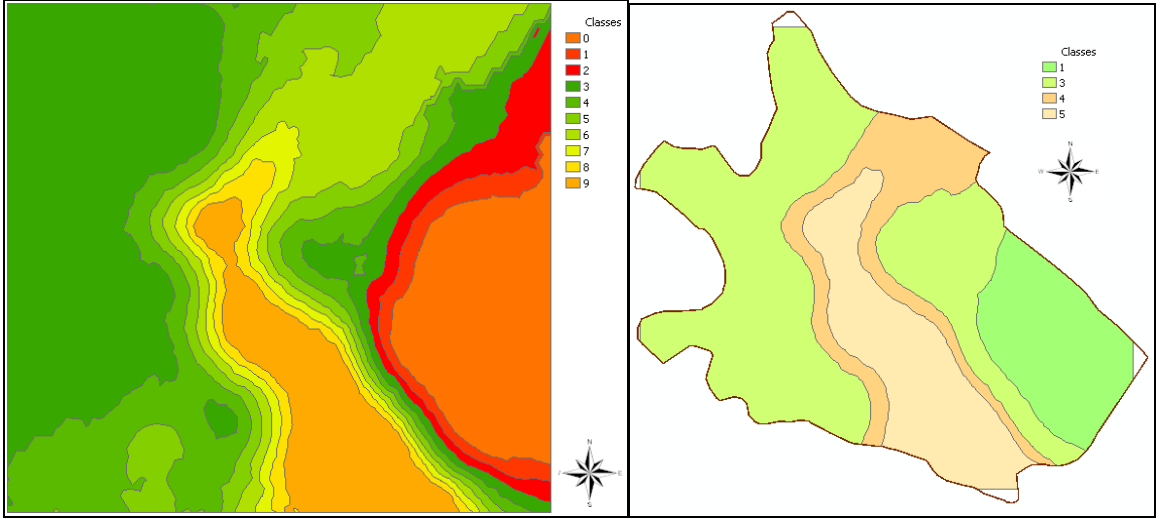
Şekil 4.43. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için profil taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Profil taşlılığı değişkeni değişiminin saptanması için yapılan son analizde en alt derinlik olan 90+ cm için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 60 m, model etki aralığı 303 m olarak saptanmıştır. Profil taşlılığı için bulunan bu değer, değişkenlerin bu derinlikte yatayda 303 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.44) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a oldukça yakın (0,000378), RMSS (0,87) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

ilk iki derinlikte aynı ve yüksek oranda kalan taşlılığın bu derinlikte azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca yüzey taşlılığının çok olarak tespit edildiği batı-güneybatıdaki söz konusu kolüvyal arazilerin yüzey-altı profil derinliklerinde çok az taşlılık gösterdiği de interpolasyon tekniği ile hazırlanmış bu altlık haritalardan tespit edilmiştir.



Şekil 4.45. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için profil taşlılığı dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Araştırma alanındaki taşlılık değişkeninin tanımlanması için yapılan analizlere dayalı olarak oluşturulmuş bulunan üç farklı derinliğe ait altlık haritalar incelendiğinde; alandaki ilk aluviyal oluşumun (profillerin alt katmanlarının oluşumunun) kuzeybatıdan çok eski zamanlarda akıp gelmiş olan nispeten daha büyük dere tarafından gerçekleştirilmiş olduğu (Şekil 4.45), daha sonraki dönemlerde ise sözü edilen bu derenin taşkın etkisini azalttığı hatta tamamen bitirdiği, buna karşılık (daha sonraki zaman dilimlerinde ise kuzeyden gelip, alanı ikiye ayıran derenin bu alandaki aluviyal toprakların oluşumunda aktif rol aldığı ve bu alandaki üst toprak katmanlarının oluşumundan bu derenin sorumlu olduğu açıkça görülmektedir (bkz. Şekil 4.41 ve 4.43). Diğer değişkenlerde de buna benzer sonuçlar sıklıkla elde edilmiştir. Deneyimsiz ve mesleğe yeni başlamış uzmanlarca tespit edilmesi çok kolay olmayan bu husus, pedometrinin önemli bir avantajı olarak görülmelidir.

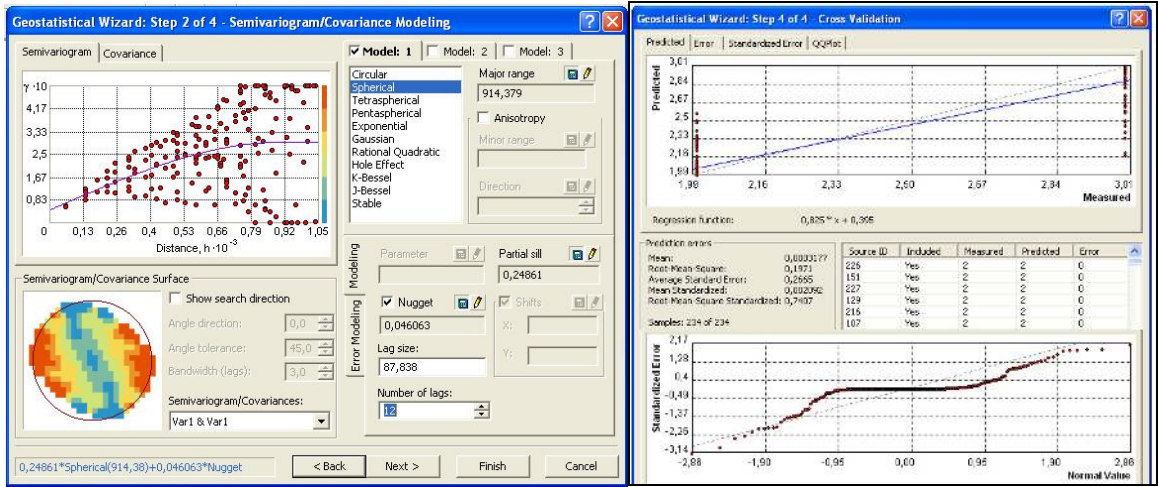
Kıvam (Yapışkanlık-Plastiklik) Değişkeni;

Çalışma alanı pedometrik haritalaması için değerlendirmeye alınan bir başka toprak özelliği de toprağın kıvam durumudur. Kuru ve nemli kıvam tespitlerinin yapılamadığı çalışma alan bütünü için “yapışkanlık” ve “plastiklik” olmak üzere iki ayrı toprak özelliği ile tanımlanan yaş kıvam özellikleri tespit edilmiştir.

Buna göre, yapışkanlık değişkeninin çalışma alanı 0-30 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 914 m olarak saptanmıştır. Horizonun yapışkanlık değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 914 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.46) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a oldukça yakın (0,0003177), RMSS (0,74) değerinin de 1’e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

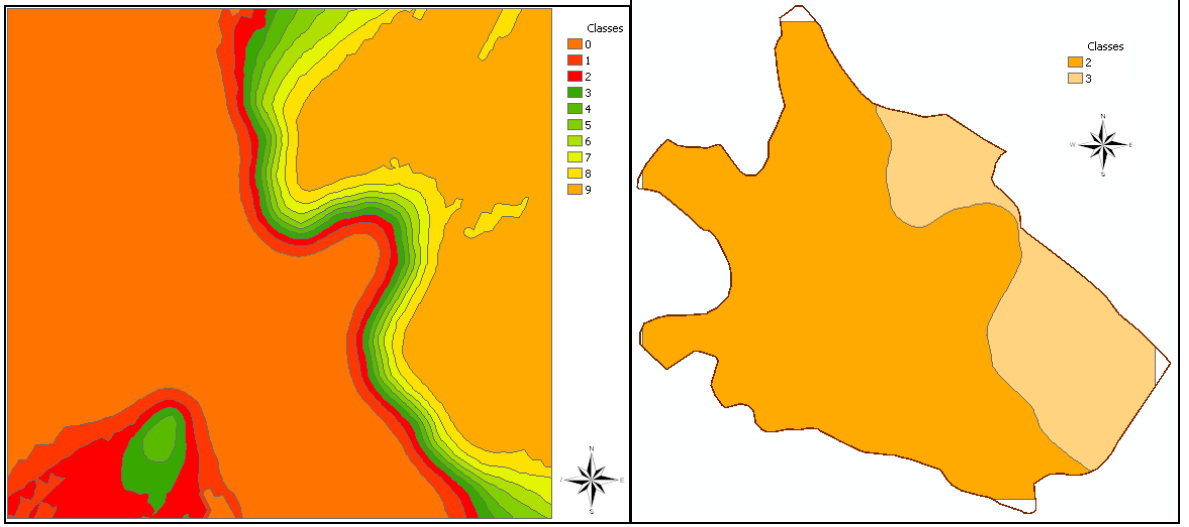


Şekil 4.46. Horizonun 0–30 cm derinliğinde yapışkanlık değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen yapışkanlık değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.47’de verilmiştir. 0–30 cm derinlik için yapışkanlık değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; alanda az yapışkan (2 numaralı sınıf) ve yapışkan (3 numaralı sınıf) olmak üzere iki çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpazenin üst ve orta zonunda az yapışkan olan dağılımın, alt zonunda yapışkan olduğu; çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde az yapışkan olan yapının, alanın kuzeyindeki kolüvyal alanda yapışkan olduğu bu altlık haritadan tespit edilmiştir. Alanın büyük çoğunluğu az yapışkandır. Bu derinlik için yapılan korelasyon analizinde (Çizelge 4.9) tekstürel yapı ile ilişkisinde çok yüksek bir korelasyon katsayısı içermeyen (0,419) yapışkanlık özelliği için alansal dağılıma bakıldığında kuvvetli bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre orta ince tekstürlü olan alüvyal ve kolüvyal alanların az yapışkan, ince tekstürlü olan alanların ise yapışkan olduğu analizlerden görülmektedir. Korelasyon analizinde bu ilişkinin nispeten düşük çıkmasının sebebi tekstürel yapı sınıflaması için her bölgeye verilen rakamsal değerlerin bir üst tekstürel sınıflama

sistematğine (orta ince, orta kaba, ince, vb. şeklindeki) dair bilgi içermemesi olabileceği tahmin edilmektedir.

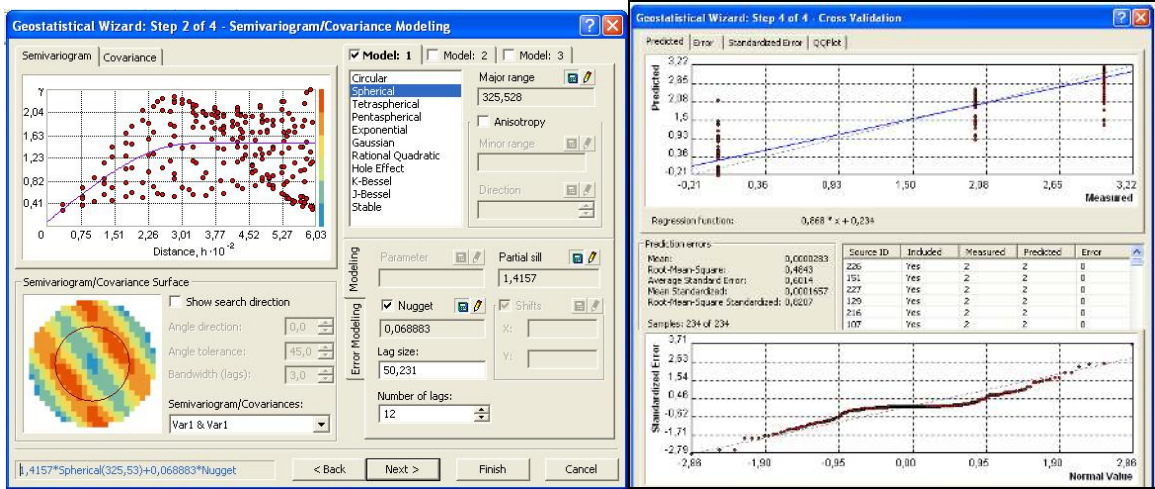


Şekil 4.47. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için yapışkanlık dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Bir üst derinlikteki dağılımı incelenen yapışkanlık değişkeninin 30–90 cm derinlikteki değişimine bakıldığında, Çizelge 4.12’den görülen en uygun semivariogram modeli ve model parametrelerinin; uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 50 m, model için etki aralığı 326 m olarak hesaplandığı görülmüştür. Horizonun yapışkanlık değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 326 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

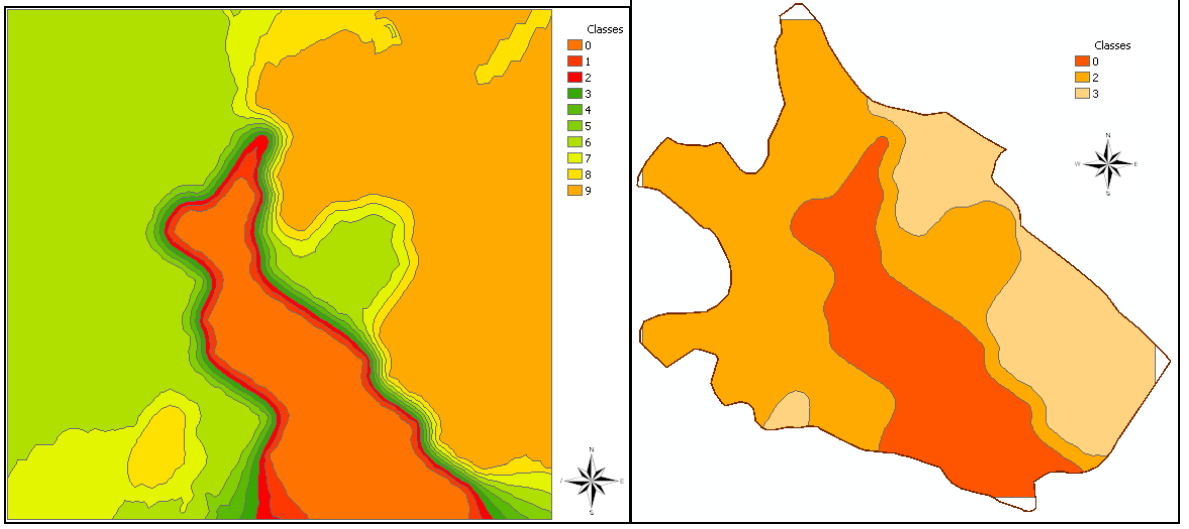
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.48) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0000283), RMSS (0,82) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.48. Horizonun 30–90 cm derinliğinde yapışkanlık değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanı bütününde 30–90 cm derinliği için yapışkanlık değişiminin izlendiği Şekil 4.49'da, tasnif dışı (0 numaralı sınıf), az yapışkan (2 numaralı sınıf) ve yapışkan (3 numaralı sınıf) olmak üzere üç çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Bu derinlikteki dağılımın alüvyal yelpazenin orta zonunda kumlu tın ve çakıl karışımı bir katmana gelmiş olması sebebiyle yapışkanlık bilgisinin analiz edilememiş olmasının dağılımda yarattığı yenilik ve güneybatıdaki çok küçük bir kolüvyal arazideki yapışkanlık durumu dışında, bir üst derinlikteki dağılımla aynı olduğu bu altlık haritadan tespit edilmiştir. Bu derinlik için yapılan korelasyon analizinde (Çizelge 4.10) tekstürel yapı ile ilişkisinde çok yüksek bir korelasyon katsayısı içeren (0,862) yapışkanlık özelliği için alansal dağılıma bakıldığında da bu kuvvetli ilişki tespit edilebilmektedir. Buna göre orta kaba tekstürlü olan alüvyal ve kolüvyal alanların az yapışkan, ince tekstürlü olan alanların ise yapışkan olduğu analizlerden görülmektedir.

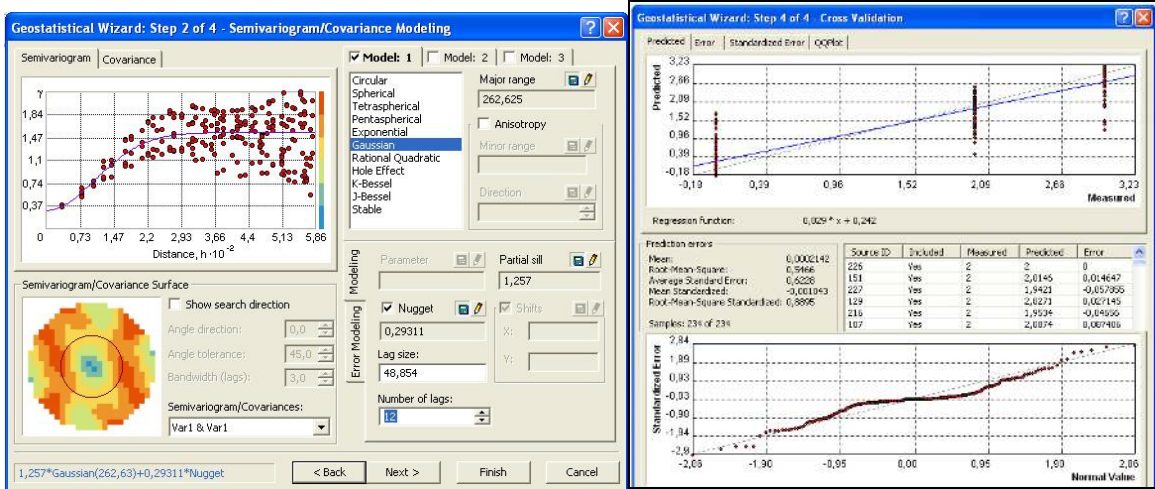


Şekil 4.49. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için yapışkanlık dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Yapışkanlık değişkeninin 90+ cm derinliği analiz edildiğinde, çalışma alanındaki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 49 m, model için etki aralığı 263 m olarak saptanmıştır. Horizonun yapışkanlık değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 263 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.50) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0002142), RMSS (0,89) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

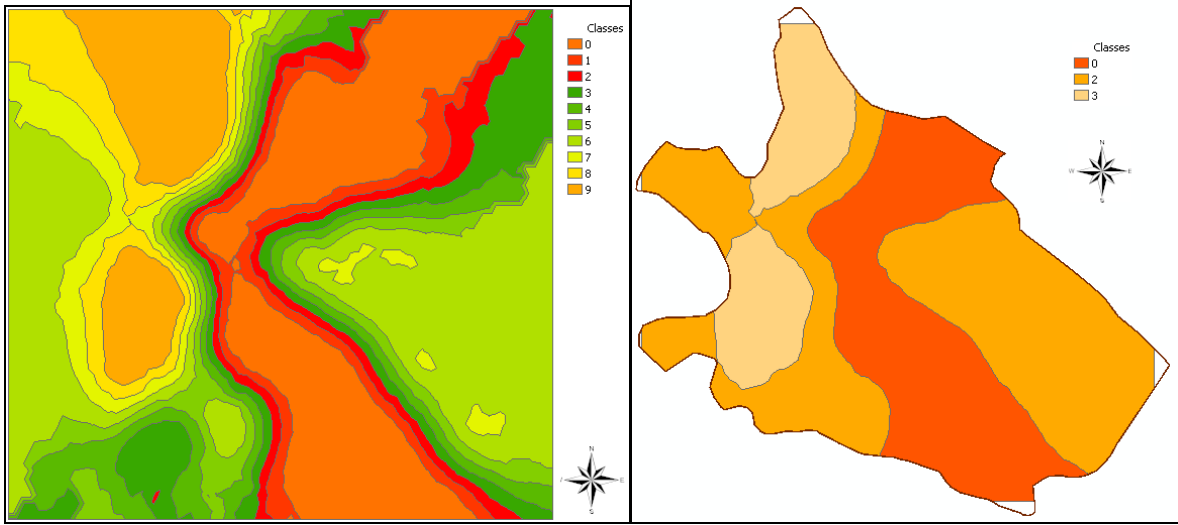


Şekil 4.50. Horizonun 90+ cm derinliğinde yapışkanlık değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Çalışma alanı bütününde 90+ cm derinliği için yapışkanlık değişiminin izlendiği Şekil 4.51'de, tasnif dışı (0 numaralı sınıf), az yapışkan (2 numaralı sınıf) ve yapışkan (3 numaralı sınıf) olmak üzere üç çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Bu derinlikte alüvyal yelpazenin üst zonunda yapışkanlığın arttığı, alt zonunda azaldığı; çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde aynı kaldığı, alanın kuzeyindeki kolüvyal alanda metamorfik kökenli masif yapıli C horizonuna ve alüvyal yelpaze orta zonunda ise yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığı için yapışkanlık bilgisi okunamadığı dağılım haritasından tespit edilmiştir. Bu derinlik için yapılan korelasyon analizinden (Çizelge 4.11) görüldüğü üzere tekstürel yapı ile ilişkisinde pozitif bir korelasyon bulunan (0,582) yapışkanlık özelliği için alansal dağılıma bakıldığında da bu kuvvetli ilişki tespit edilebilmektedir. Diğer derinliklerde de bulunan doğru genetiksel ilişki bu derinlikte de görülmektedir ve buna göre orta kaba tekstürlü olan

alüvyal ve kolüvyal alanların az yapışkan, ince tekstürlü olan alanların ise yapışkan olduğu analizlerden görülmektedir.



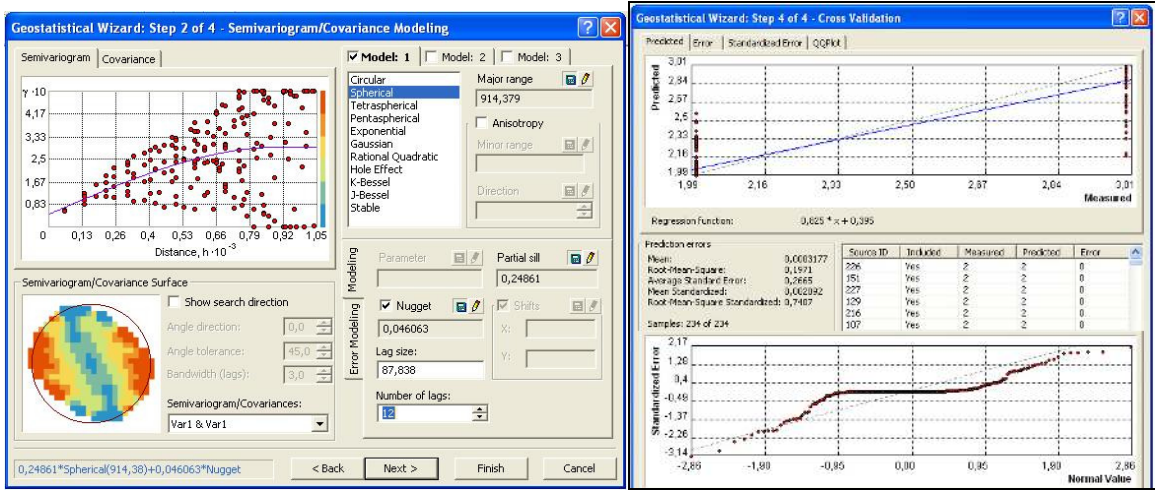
Şekil 4.51. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için yapışkanlık dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Toprakların “kıvam” özelliklerinin belirlenmesinde “yapışkanlık” değişkeni ile birlikte dikkate alınması gereken “plastiklik” değişkeninin çalışma alanı topraklarının 0–30 cm derinliklerindeki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariyogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 914 m olarak saptanmıştır. Horizonun plastiklik değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 914 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin

birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.52) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0003177), RMSS (0,74) değerinin de 1'e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

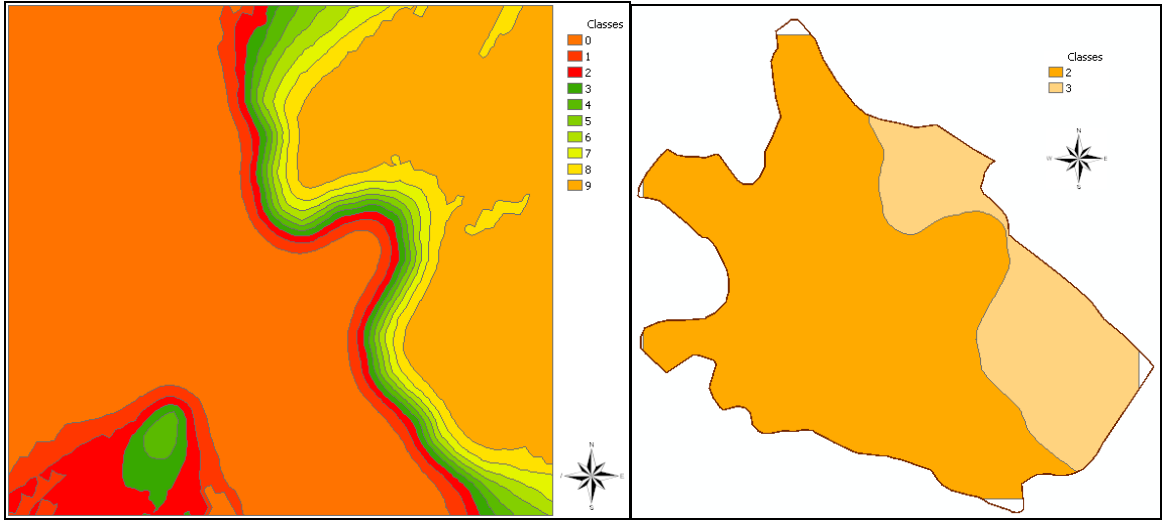


Şekil 4.52. Horizonun 0–30 cm derinliğinde plastiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen plastiklik değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.53’de verilmiştir. 0–30 cm derinlik için plastiklik değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; az plastik (2 numaralı sınıf) ve plastik (3 numaralı sınıf) olmak üzere iki çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpazenin üst ve orta zonunda az plastik olan dağılımın, alt zonunda plastik olduğu; çalışma alanının batı, güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan kolüvyal arazilerde az plastik olan yapının, alanın kuzeyindeki kolüvyal alanda plastik olduğu bu altlık haritadan tespit edilmiştir. Alanın büyük çoğunluğu az plastiktir. Bu durumu alandaki tekstürel

yapının durumu ile ilişkilendirmek mümkündür. Buna göre alandaki ince tekstürel yapılı topraklar tıpkı yapışkanlıkta olduğu gibi plastik; orta ince ve orta kaba topraklar ise az plastiktir. Plastiklik ile yapışkanlık arasında var olan ve korelasyon analizinde de (Çizelge 4.9) görülen pozitif tam ilişkiye (korelasyon katsayısı=1) karşılık aynı çizelgede çok yüksek değerler ile hesaplanmamış olsa da (0,419) alansal analizlerde varlığı tespit edilen bir ilişki tekstürel yapı değişkeni ile de tespit edilmiştir.

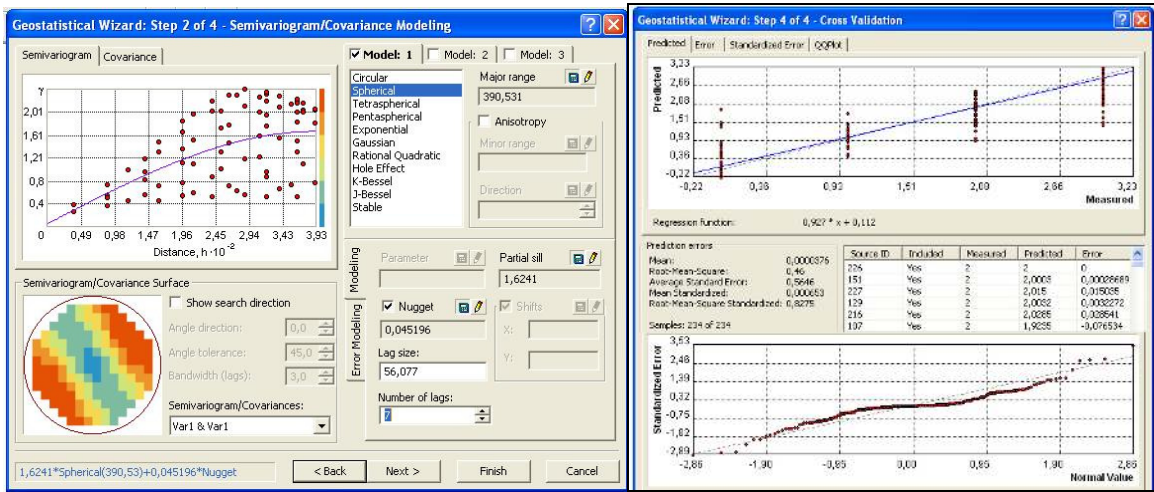


Şekil 4.53. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için plastiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Plastiklik değişkeninin çalışma alanı topraklarının 30–90 cm derinliklerindeki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariyogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariyogram aktif lag mesafesi 56 m, model için etki aralığı 390 m olarak saptanmıştır. Horizonun plastiklik değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 390 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir, ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.54) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,00003761), RMSS (0,83) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

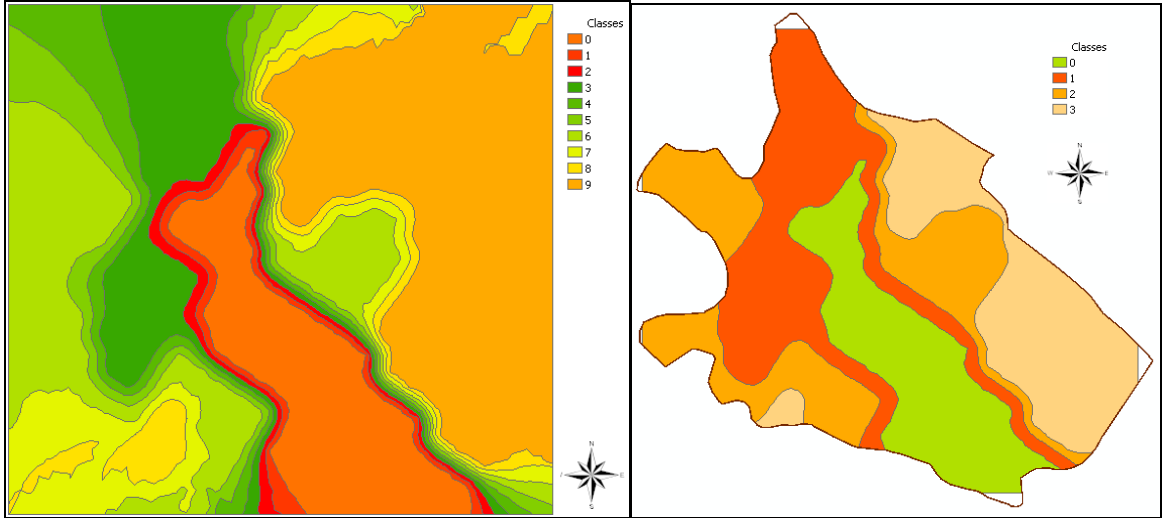


Şekil 4.54. Horizonun 30–90 cm derinliğinde plastiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen plastiklik değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.55’de verilmiştir. 30–90 cm derinlik için plastiklik değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; tasnif dışı (0 numaralı sınıf), plastik değil (1 numaralı sınıf), az plastiklik (2 numaralı sınıf) ve plastiklik (3 numaralı sınıf) olmak üzere dört çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Bu derinlikte, alüvyal yelpaze üst zonunun, özellikle boylamasına ve kısmen de derinlemesine dereceleme işlemlerinin doğal bir sonucu olarak bu alanda orta-kaba materyallerin depolanmış olması, diğer bir deyişle bu alanda depolanan materyallerde kil miktarının düşük olması nedeniyle toprakların yaş kıvamları “plastik olamayan” bir durum arz etmektedir. Orta zonunda ise yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığı için plastiklik bilgisi bulunmadığı görülmektedir. Bir üst derinlikte plastik olan kuzeydeki koluvyal alan ve alüvyal yelpaze alt zonunun plastiklik durumu ile bir üst derinlikte yine az plastik olan batı, güneybatı ve kuzeydoğudaki koluvyal alanların az plastiklik durumunun aynı kaldığı bu altlık haritalardan tespit edilmiştir.

Bu derinlikteki plastiklik durumunu alandaki tekstürel yapının durumu ile ilişkilendirdiğimizde korelasyon analizinde (Çizelge 4.10) de görülen çok yüksek pozitif ilişkinin (0,955) varlığı jeostatistiksel analizlerde de görülmektedir. Buna göre, alandaki ince tekstürel yapılı topraklar plastik, orta ince topraklar az plastiktik ve orta kaba topraklar ise plastiktik değildir. Plastiklik ile yapışkanlık arasında da korelasyon analizinde de (Çizelge 4.9) görülen pozitif tam ilişkiye yakın (0,962) bir ilişki söz konusudur.

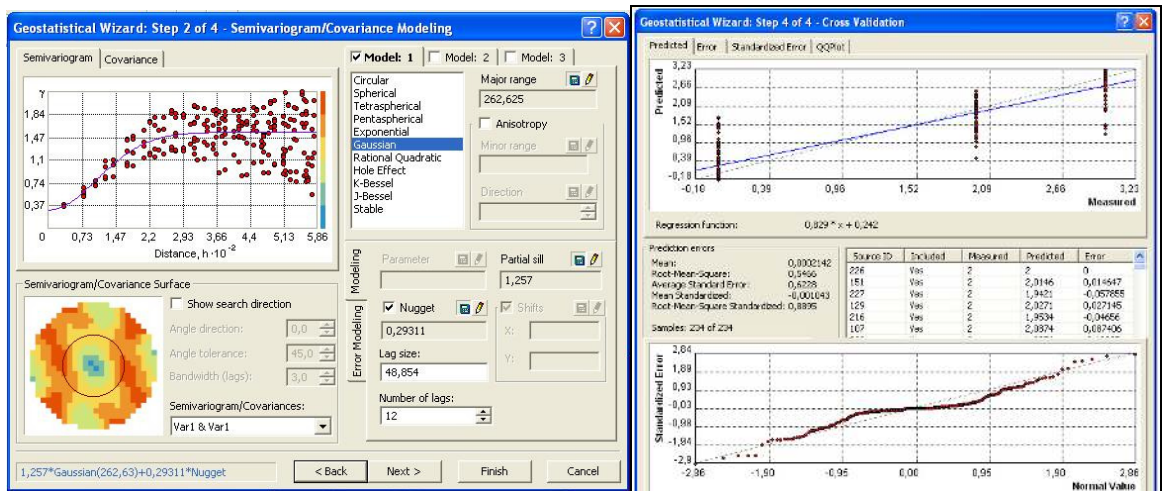


Şekil 4.55. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için plastiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Plastiklik değişkeninin çalışma alanı topraklarının 90+ cm derinliklerindeki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariyogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 49 m, model için etki aralığı 263 m olarak saptanmıştır. Horizonun plastiklik değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 263 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir, ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.56) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0002142), RMSS (0,89) değerinin de 1’e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

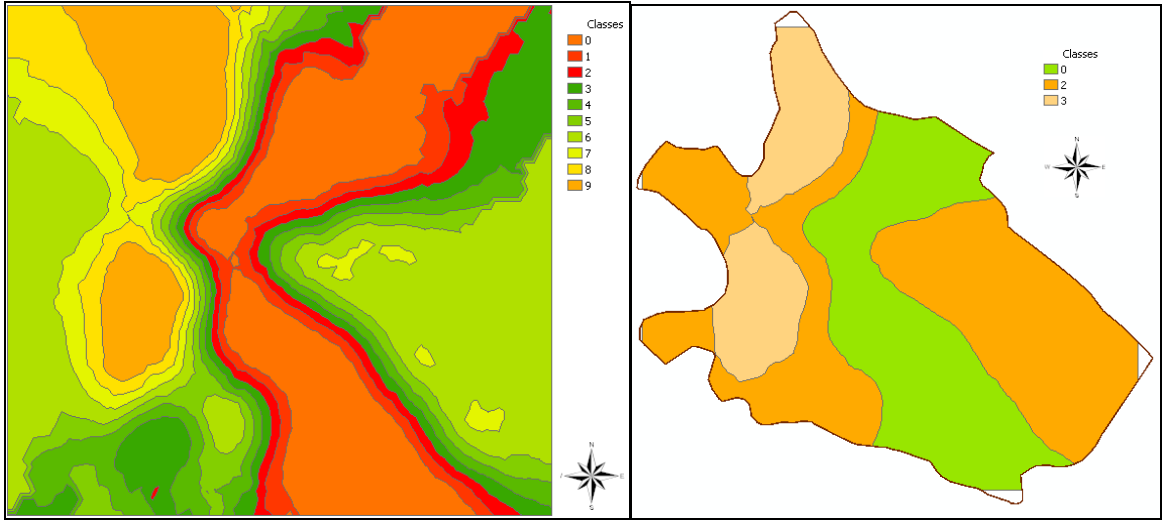


Şekil 4.56. Horizonun 90+ cm derinliğinde plastiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen plastiklik değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.57’de verilmiştir. 90+cm derinlik için plastiklik değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; tasnif dışı (0 numaralı sınıf), az plastiklik (2 numaralı sınıf) ve plastiklik (3 numaralı sınıf) olmak üzere üç çeşit değişkenin varlığı görülmektedir.

Bu derinlikte, batı, güneybatı ve kuzeydoğudaki koluvyal alanların az plastiklik durumunun aynı kaldığı; kuzeyindeki koluvyal alanda metamorfik kökenli masif yapılı C horizonuna ve alüvyal yelpaze orta zonunda ise yoğun çakıllı ve taşlı bir katmana ulaşıldığı için plastiklik bilgisi okunamadığı dağılım haritasından tespit edilmiştir. Alüvyal yelpaze üst zonu için plastiklik değişkenin profil boyunca dağılımının sürekli değişiklik gösterdiği fark edilmektedir. Yüzey horizonunda az plastik olan yapının ara horizonta plastik olmadığı ve en alt horizonta da plastik olduğu altlık haritalardan tespit edilmiştir. Üst derinliklerde plastik olan alüvyal yelpaze alt zonunun da plastiklik durumunun azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu alüvyal alanlardaki bu karışıklığın sebebinin alanda pedogenetik proseslerden daha çok jeogenetik proseslerin etkili olduğunun tahmin edilmesidir.

Yukarıda yapılmış olan tespit, açıklama ve yorumların yanı sıra araştırma alanı topraklarının yaş kıvam özelliklerinin iki önemli değişkeni olan yapışkanlık ile plastiklik parametreleri için yapılmış olan korelasyon analizlerinde ortaya koyulan pozitif ve kuvvetli ilişki, bu altlık haritalardan da tespit edilmiştir. Söz konusu bu tespit, pedometrik haritalama için bu tez kapsamında geliştirmiş olan veritabanı yapısının ve analiz yöntemlerinin isabetli olduğunun da bir kanıtıdır. Bu ve benzeri sonuçlar, pedometrik haritalama konusunda cesaret vermektedir.



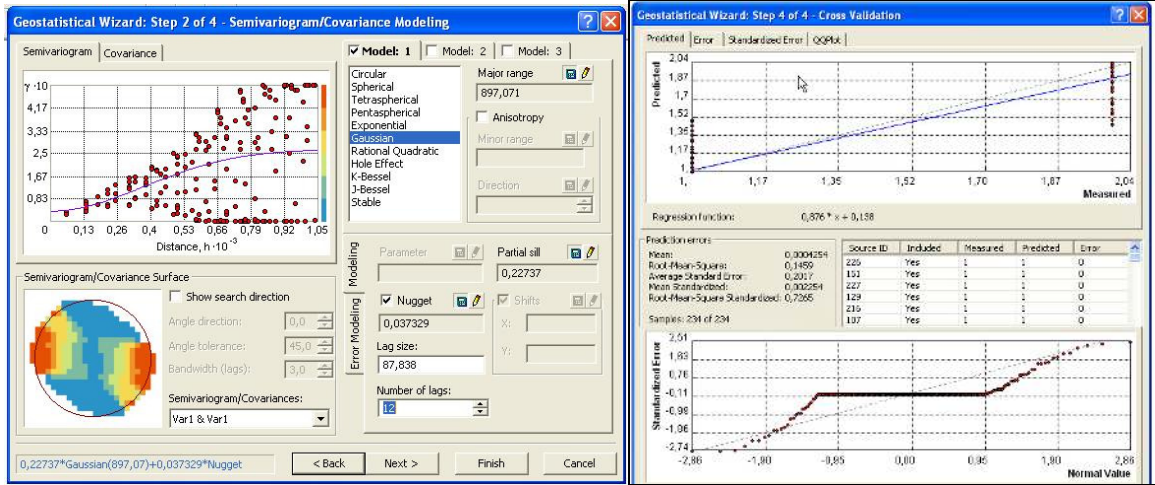
Şekil 4.57. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için plastiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Kireç Değişkeni;

Toprakların önemli pedogenetiksel veya jeogenetiksel özelliklerinden biri olan kireç değişkeninin çalışma alanı 0–30 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 897 m olarak saptanmıştır. Horizonun kireç değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 897 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir

Uygun bağlantı modelinin gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar çok düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.58) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0004254), RMSS (0,73) değerinin de 1'e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

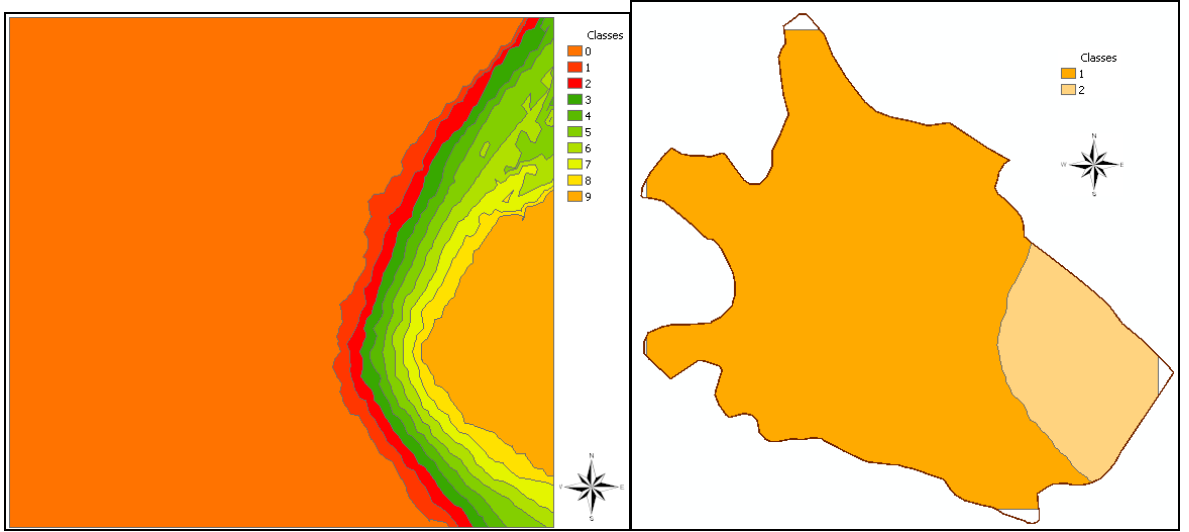


Şekil 4.58. Horizonun 0–30 cm derinliğinde kireç değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen kireç değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.59'da verilmiştir. 0–30 cm derinlik için kireç değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; kireçsiz (1 numaralı sınıf) ve az kireçli (2 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpaze alt zonu dışında tüm alanın kireçsiz, alt zonun da az kireçli olduğu bu altlıktan görülmektedir.

Kireç değişkeninin arazi üzerindeki dağılımından çıkarılan sonuçlar bu değişkeninin diğer değişkenlerle (toprak plastikliği, yapışkanlığı ve strüktür tipi) ilişkisinin incelendiği korelasyon analizinde (Çizelge 4.9) görülen ilişkisel bağları kanıtlar niteliktedir. Buna göre; toprağın plastik ve yapışkan olduğunun görüldüğü alüvyal yelpaze alt zonunun kireç durumunun, kireçsiz olan diğer alanlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toprağın kireç durumu değişkeninin bu toprak sınıfının ayırt edilmesinde büyük etkisi olduğu bu

tespitlerden anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, plastik, yapışkan ve kireçli olan alüvyal yelpaze alt zonunda büyük strüktür varlığının görülmesi yine söz konusu korelasyon analizinde değişkenler arasında görülen kuvvetli korelasyonu sayısal olarak da kanıtlar niteliktedir.



Şekil 4.59. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için kireç dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Kireç değişkeninin çalışma alanının 30–90 cm ve 90+ cm derinliklerindeki değişimlerinin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametrelerinin aynı olduğu Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 897 m olarak saptanmıştır. Horizonun kireç değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikler için yatayda 897 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Diğer araştırmacıların toprak kireç içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları incelendiğinde uzaysal bağımlılığın orta ve kuvvetli olarak değişik derecelerde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.18). Bu bulgular ışığında değerlendirildiğinde bu tez çalışması ile

bulunmuş etki aralıklarının (897 ve 897 m) kuvvetli bağımlılık gösterdiği hesaplanmış diğer çalışmalardakine oranla oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

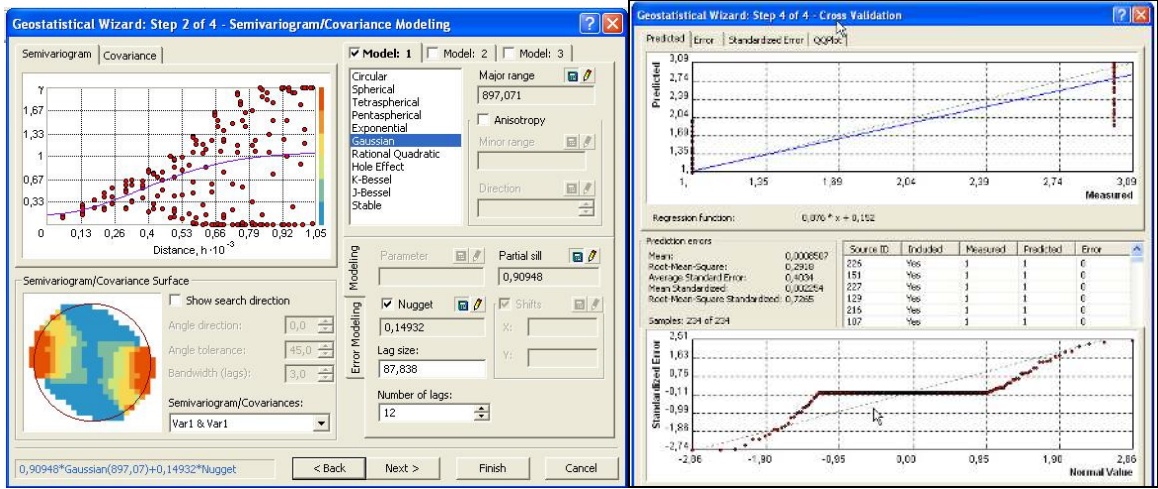
Çizelge 4.18. Farklı araştırmacıların toprak kireç içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları

ARAŞTIRMACI	DERİNLİK (cm)	ALAN (ha)	Co/Co+C (%)	UZAYSAL BAĞIMLILIK	ETKİ ARALIĞI (m)
Erşahin 1999	0–30	8,5	25,00	*	290
	30–60		58,00	**	400
Yetgin 2004	0–30	3	2,24	*	70,8
Akbaş 2004	0–30	32	2,67	*	316,6
Kılıç ve Kılıç 2006	0–30	0,36	0,6	*	62
	30–60		0,63	*	180
	60–90		0,56	*	210
Ongun 2008	0–30	9,8	49,96	**	799
	30–60		17,53	*	3

* Kuvvetli uzaysal bağımlılık ** Orta derecede uzaysal bağımlı *** Zayıf uzaysal bağımlı

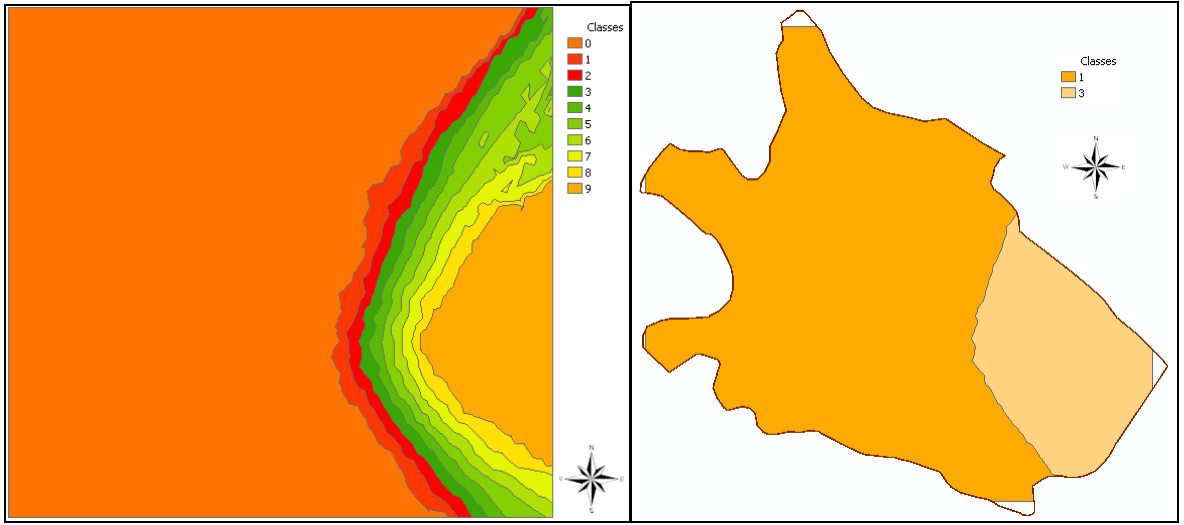
Uygun bağlantı modelinin gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar orta düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.60) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,0008507), RMSS (0,73) değerinin de 1'e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.60. Horizonun 30–90 ve 90+ cm derinliklerinin kireç değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Önemli bir pedogenetik özellik olan kireç değişkeninin, 30–90 ve 90+ cm derinlikleri için dağılımının izlendiği Şekil 4.61’de, kireçsiz (1 numaralı sınıf) ve kireçli (3 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir. Yüzey horizonunda olduğu gibi, alüvyal yelpaze alt zonu dışında tüm alan kireçsiz, alt zonun ise bu derinliklerde kireçli olduğu görülmektedir. Bu derinliklerde söz konusu alan için kireç oranı daha da artış göstermiş, az kireçliden kireçliye çıkmıştır. Bu durumda, toprağın kireç durumu değişkeninin bu alandaki toprak sınıfının ayırt edilmesinde büyük etkisi olduğu tespiti daha da belirginleşmiştir.



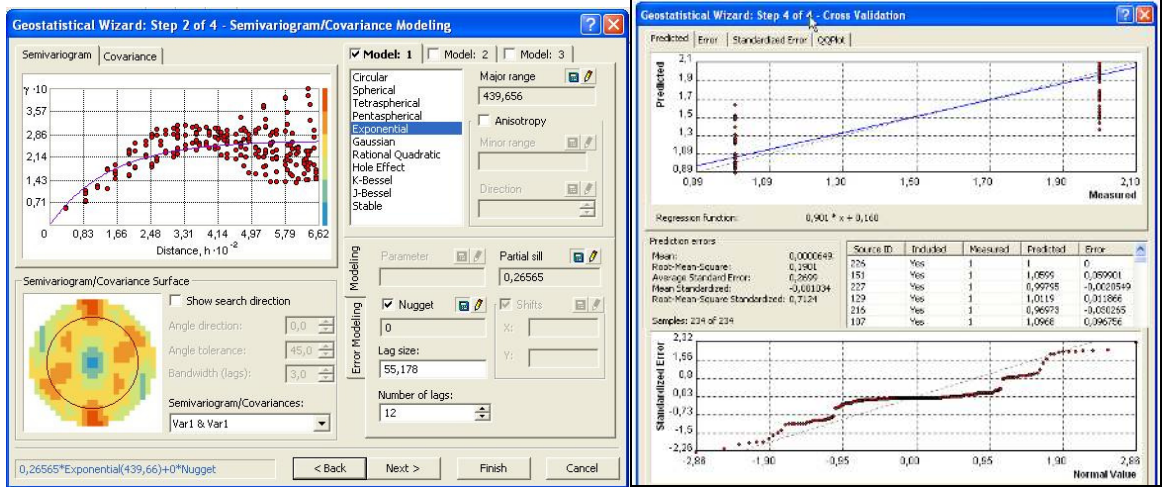
Şekil 4.61. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 ve 90+ cm derinlikleri için kireç dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Toprak Reaksiyonu Değişkeni;

Toprakların önemli bir genetiksel özelliği olan reaksiyon değişkeninin çalışma alanında 0–30 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 55 m, model için etki aralığı 440 m olarak saptanmıştır. Horizonun reaksiyon değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 440 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

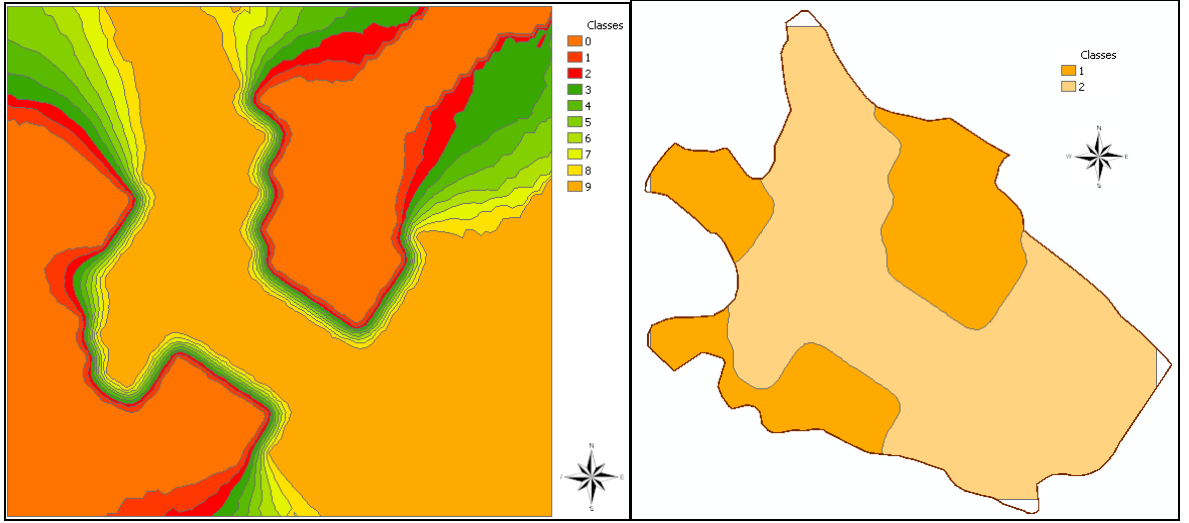
Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.62) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,00006492), RMSS (0,71) değerinin de 1'e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.62. Horizonun 0–30 cm derinliğinde reaksiyon değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen reaksiyon değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.63’de verilmiştir. 0–30 cm derinlik için reaksiyon değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; nötral (pH 6,6–7,3) (1 numaralı sınıf) ve zayıf alkali (pH 7,4 -7,8) (2 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpazenin tümü nötral, kolüvyal arazilerin de tümüyle zayıf alkali olduğu bu altlıktan görülmektedir.



Şekil 4.63. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için reaksiyon dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Reaksiyon değişkeninin çalışma alanında 30–90 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 84 m, model için etki aralığı 698 m olarak saptanmıştır. Horizonun reaksiyon değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 698 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Diğer araştırmacıların toprak pH’sının uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları incelendiğinde uzaysal bağımlılığın orta ve kuvvetli olarak değişik derecelerde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.19). Bu bulgular ışığında değerlendirildiğinde bu tez çalışması ile bulunmuş etki aralıklarının (440 ve 698 m) uzaysal bağımlılığı yüksek olarak bulunmuş diğer çalışmalardakine oranla oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

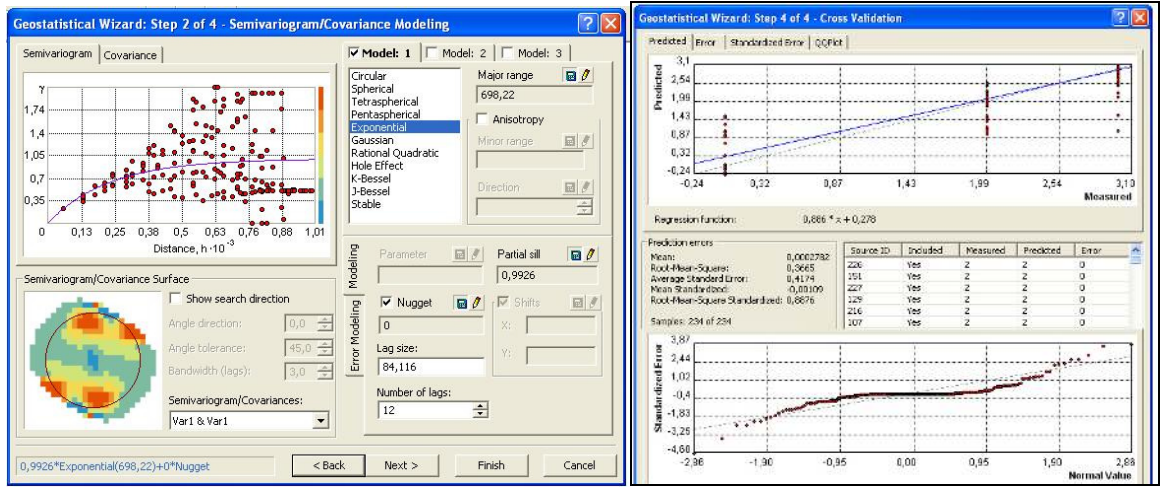
Çizelge 4.19. Farklı araştırmacıların toprak pH içeriğinin uzaysal bağımlılığı ile ilgili bulguları

ARAŞTIRMACI	DERİNLİK (cm)	ALAN (ha)	Co/Co+C (%)	UZAYSAL BAĞIMLILIK	ETKİ ARALIĞI (m)
Erşahin 1999	0–30	8,5	44,00	**	250
	30–60		38,00	**	400
Yetgin 2004	0–30	3	21,83	*	114,8
Akbaş 2004	0–30	32	17,00	*	62,1
Miao vd 2006	Üst	32,8	51,00	**	357
Kılıç ve Kılıç 2006	0–30	0,36	12,00	*	169
	30–60				
	60–90				
Virgilio vd 2006	0–30	4,8	63,00	**	190
Ongun 2008	0–30	9,8	49,71	**	263,1
	30–60				

* Kuvvetli uzaysal bağımlılık ** Orta derecede uzaysal bağımlı *** Zayıf uzaysal bağımlı

Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

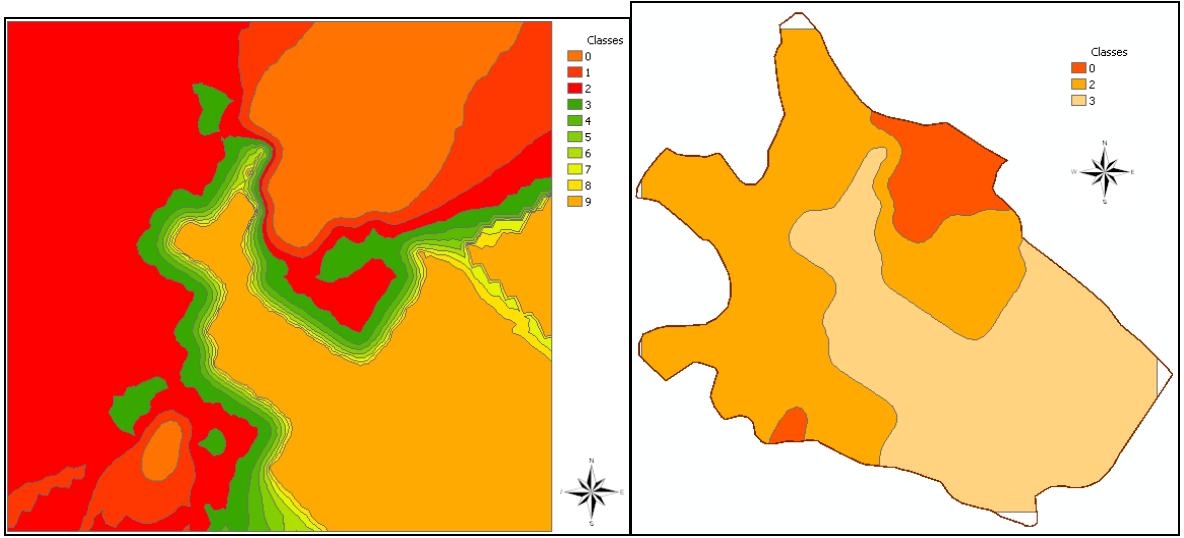
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.64) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0002782), RMSS (0,89) değerinin de 1'e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.64. Horizonun 30–90 cm derinliğinde reaksiyon değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen reaksiyon değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.65’de verilmiştir. 30–90 cm derinlik için reaksiyon değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; tasnif dışı (0 numaralı sınıf), zayıf alkali (pH 7.4–7.8) (2 numaralı sınıf) ve orta alkali (pH 7.9–8.4) (3 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir.

Bu derinlik için metamorfik kökenli masif yapılı C horizonuna ulaşıldığı için reaksiyon bilgisi olmayan kuzeydeki koluvyal arazi ve alüvyal yelpaze üst zonunun pH değerinin aynı nötral halinde kalmasının haricinde diğer alanların tümünde pH değeri artış göstermiştir. Alüvyal yelpazenin orta ve alt zonu toprakları orta alkali olurken, diğer koluvyal alan topraklarının zayıf alkali olduğu görülmektedir. Bu değişken için profilde derine inildikçe reaksiyon değerinin arttığı bu iki horizontdaki altlık haritalardan tespit edilmiştir.



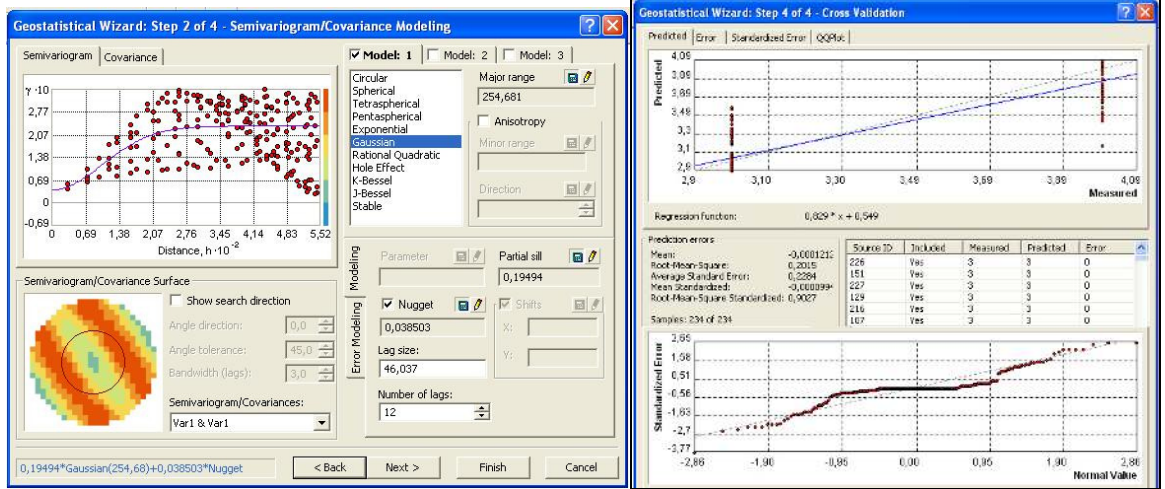
Şekil 4.65. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için reaksiyon dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Tuzluluk Değişkeni;

Bir diğer pedokimyasal özellik olan tuzluluk değişkeninin çalışma alanındaki 0–30 cm derinliğindeki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 46 m, model için etki aralığı 255 m olarak saptanmıştır. Horizonun tuzluluk değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 255 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

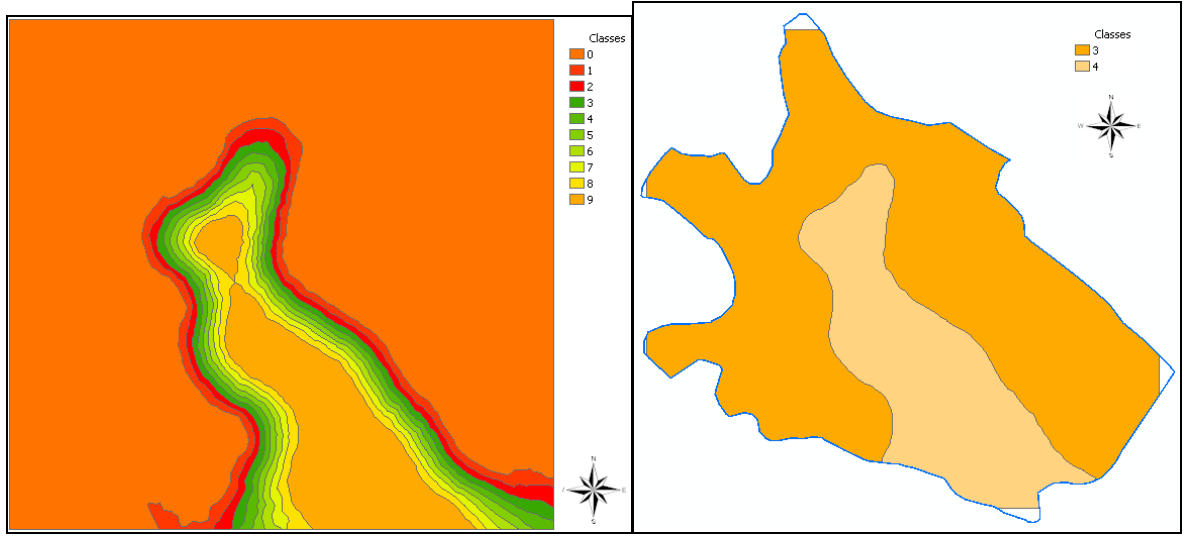
Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.66) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0001212), RMSS (0,90) değerinin de 1'e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.66. Horizonun 0–30 cm derinliğinde tuzluluk değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen tuzluluk değişkeninin Kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.67’de verilmiştir. 0–30 cm derinliği için tuzluluk değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada; az tuzlu (EC 4–8 dS/m) (3 numaralı sınıf) ve orta tuzlu (EC 8–16 dS/m) (4 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpazenin orta zonu hariç tüm toprakların az tuzlu, orta zondaki toprakların ise orta tuzlu olduğu bu altlıkta görülmektedir.

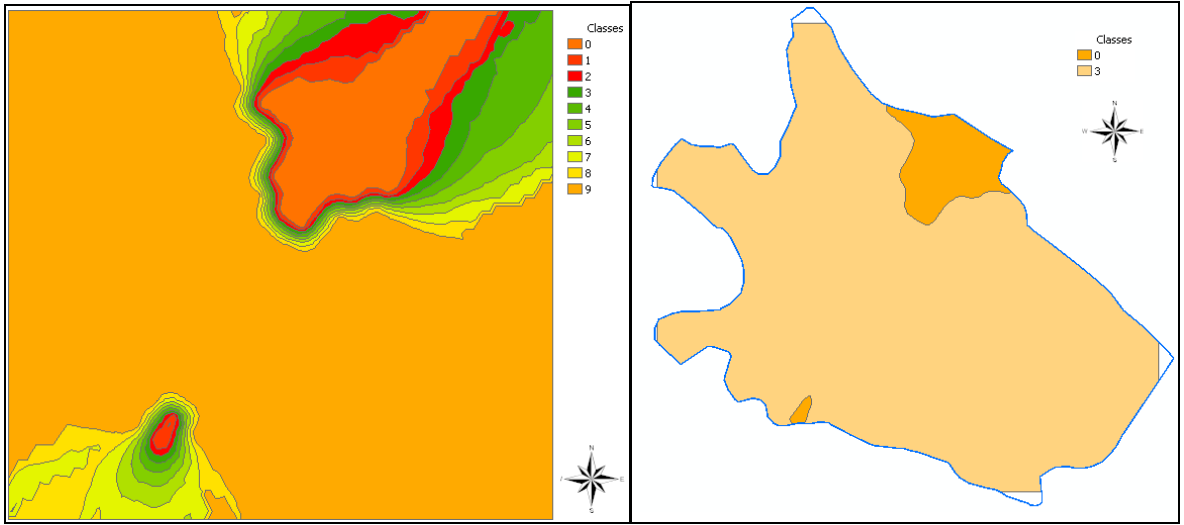


Şekil 4.67. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 0–30 cm derinliği için tuzluluk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Tuzluluk değişkeninin çalışma alanı bütütünde 30–90 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 68 m, model için etki aralığı 590 m olarak saptanmıştır. Horizonun tuzluluk değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 590 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.68) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a oldukça yakın (0,001003), RMSS (0,94) değerinin de 1’e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.69. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için tuzluluk dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Aykırı Katman Değişkeni;

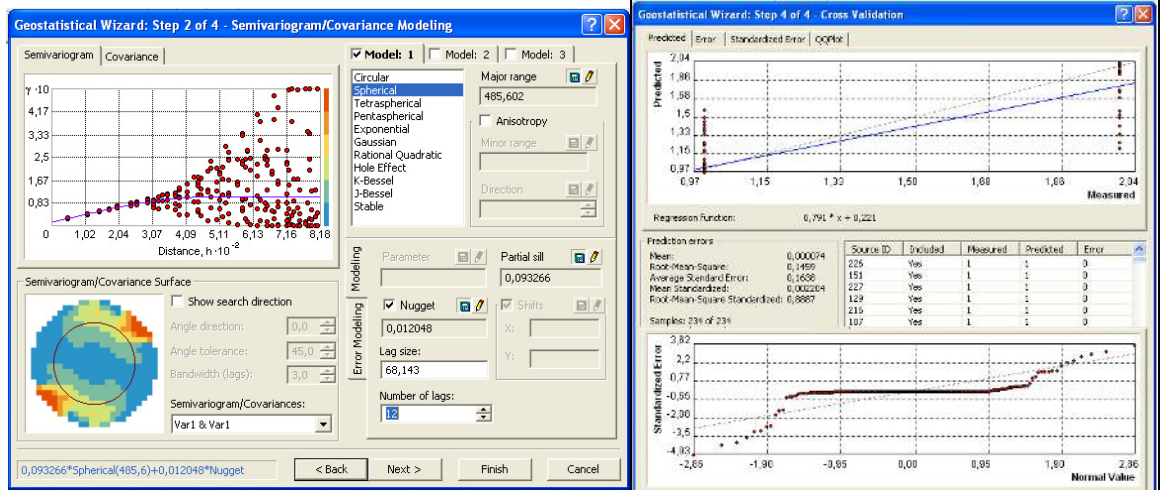
Allokon materyaller üzerinde gelişmekte olan topraklarda sıklıkla karşılaşılan profil özelliklerinden bir tanesi de aykırı katman ve/veya materyallerin varlığıdır. Gerek klasik ve gerekse pedometrik haritalama uygulamalarında dikkate alınması zorunlu bir toprak değişkenidir. Aykırı katmanlar değişkeninin değerlerinin çalışma alanı 0–30 cm derinlikte bir değişim göstermemesi sebebiyle bu derinliğe dair bir hesaplama yapılamamıştır. Bu değişkenin amacının profil boyunca katmanlar arasında aykırı özellikler barındırarak varlık gösteren oluşumların (kumlu katman, killi katman, çakıllı-taşlı katman veya organik materyal katmanı gibi) olup olmadığının sorgulanması olması sebebiyle yüzey horizonunda bu tür bir birikimin beklenmemesi gerekmektedir.

Söz konusu bu değişkeninin çalışma alanı topraklarının 30–90 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 68 m, model için etki aralığı 486 m olarak saptanmıştır.

Horizonun aykırı katman değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 486 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

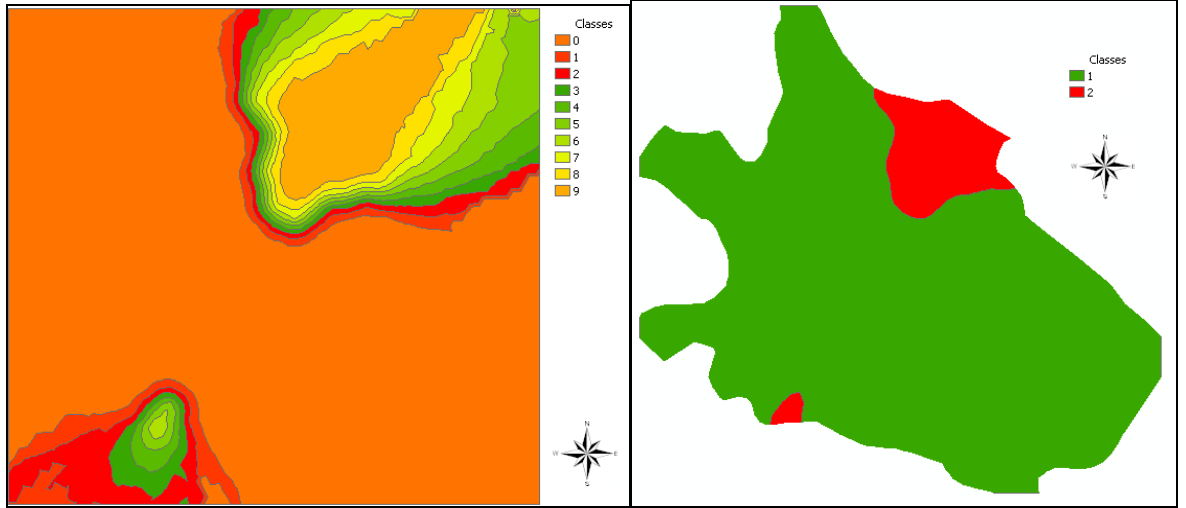
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.70) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,000074), RMSS (0,89) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.70. Horizonun 30–90 cm derinliğinde aykırı katman değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen aykırı katman/materyal değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.71’de verilmiştir. 30–90 cm derinlik için aykırı katman değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; aykırı katman var (1 numaralı sınıf) ve aykırı katman yok (2 numaralı sınıf) olan toprakların varlığı görülmektedir.

Kuzeydeki kolüvyal alan dışında alanın tümünde aykırı katmanların varlığı tespit edilmiştir. Aykırı katman veya materyal varlığının görülmediği söz konusu bu alandaki toprakların alandaki diğer topraklardan daha yaşlı ve belli ölçüde stabilize olmuş topraklar olduğu bilinmektedir. Alanın büyük çoğunluğunda aykırı katman veya materyallerin varlığının tespit edilmesinin sebebi söz konusu bu alanların jeomorfolojik ve jeogenetik farklılıklar sebebiyle önemli sayılabilecek bir karmaşaya sahip olmasıdır. Bu durum, yine pedometrik yaklaşımla başarılı bir şekilde ayırt etmiştir.



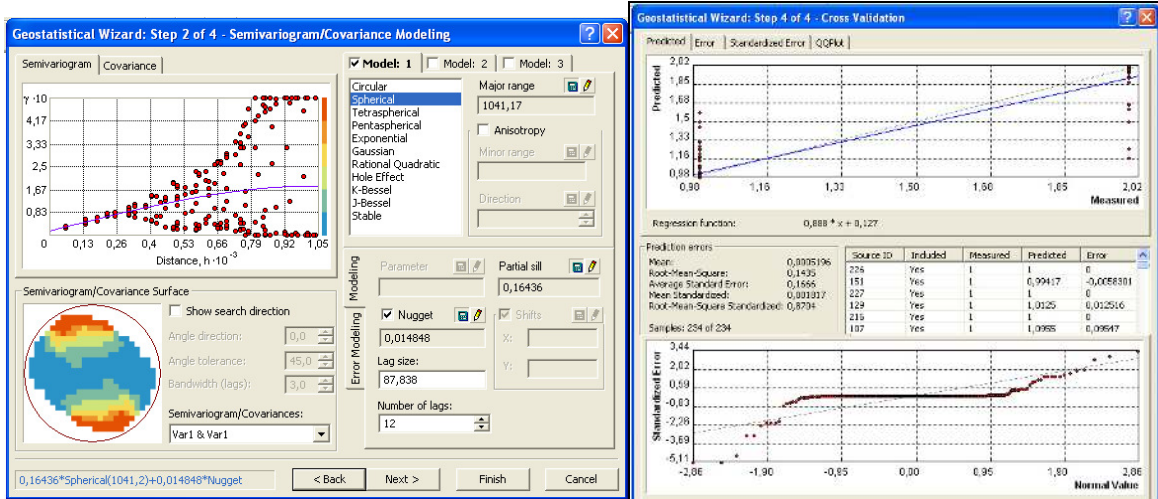
Şekil 4.71. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için aykırı horizonlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Aykırı katmanlar değişkeninin değerlerinin çalışma alanı 90+ cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model

parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Horizonun aykırı katman değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

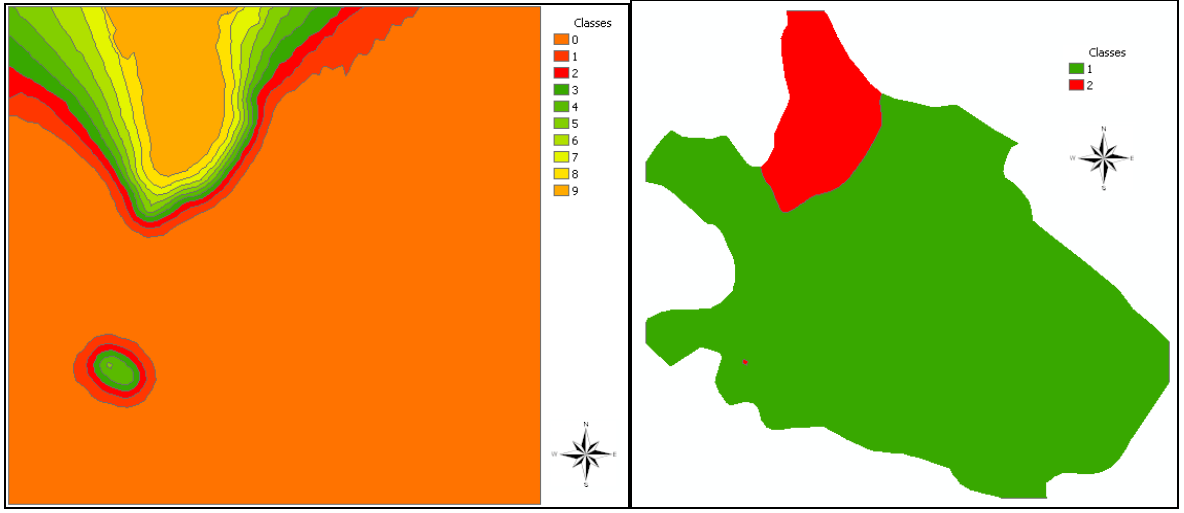
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.72) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,00052), RMSS (0,87) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.72. Horizonun 90+ cm derinliğinde aykırı katman değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen aykırı katman/materyal değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.73’de verilmiştir. 90+ cm derinlik için aykırı katman değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; aykırı katman var (1 numaralı sınıf) ve aykırı katman yok (2 numaralı sınıf) olan toprakların varlığı görülmektedir.

Bu derinlikte alüvyal yelpazenin üst zonunun üst kısmı dışında alanın tümünde aykırı katmanların varlığı tespit edilmiştir. Bir üst derinlikte aykırı katman görülmeyen kuzeydeki kolüvyal alanda bu derinlikte aykırı katman tespit edilirken, bir üst derinlikte aykırı katman görülen alüvyal yelpaze üst zonunun bir kısmında ise bu derinlikte aykırı katman tespit edilmemiştir. Alüvyal yelpazenin orta ve alt zonuna tekabül eden alanlarda ise her iki derinlikte de aykırı katman veya oluşumların tespit edildiği altlık haritalardan görülmektedir. Jeogenetik kurallara göre de bu durum son derece normaldir. Zira bilindiği üzere aluviyal yelpazenin hemen başlangıcı olan kısım (2 nolu-kırmızı renkli alan), akarsu yüklerinin (sürüklenen, sıçrayan, askı ve çözünmüş yükler) farklılık yaratabilecek düzeyde depolanma göstermedikleri bir kısımdır. Halbuki aluviyal yelpazenin üst kısımlarının alt taraflarından başlayarak orta ve alt zonlarda anlamlı bir şekilde artan depolanmalar, bu alanlardaki aykırı katmanların varlığının da nedenlerini açıklamaktadır.

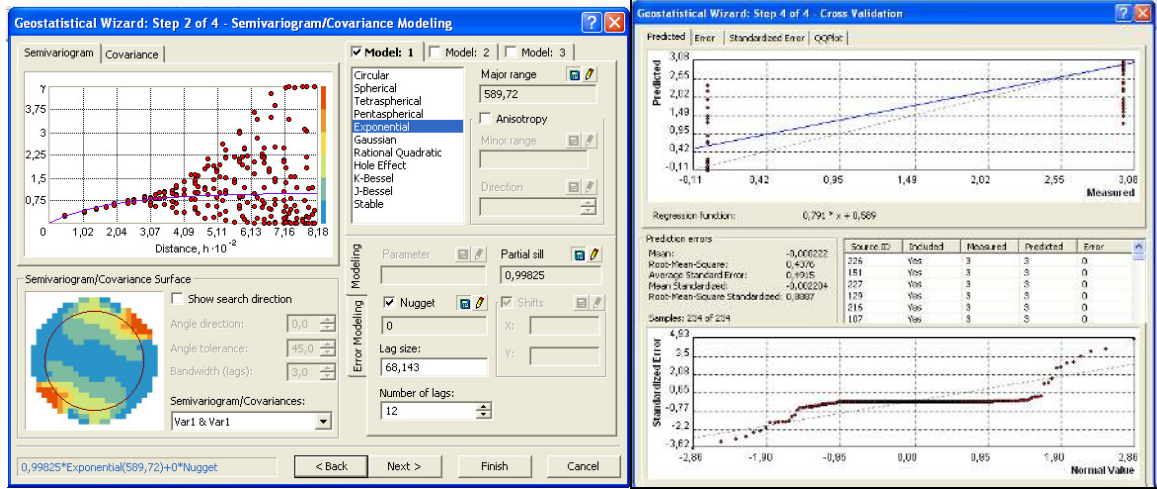


Şekil 4.73. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için aykırı katmanlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Aykırı katmanların içeriği değişkeninin çalışma alanı topraklarının 30–90 cm derinlikteki dağılımının saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 68 m, model için etki aralığı 590 m olarak saptanmıştır. Horizonun aykırı katman değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 590 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.74) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,000222), RMSS (0,89) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

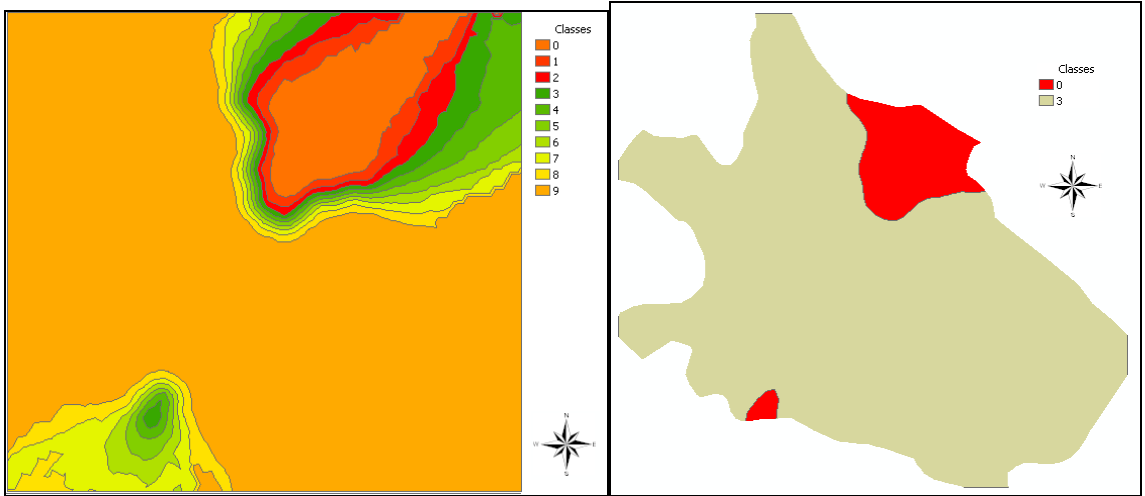


Şekil 4.74. Horizonun 30–90 cm derinliğinde aykırı katman içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen aykırı katman/materyal değişkeninin içeriği kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.75’de verilmiştir. 30–90 cm derinlik için aykırı katman içeriği değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; tasnif dışı (0 numaralı sınıf) ve taşlı-çakıllı katman (3 numaralı sınıf) olan toprakların varlığı görülmektedir.

Çalışma alanı topraklarında aykırı oluşumlar olarak kabul edilebilecek özelliklerden ilki “taşlılık” tır. Aykırı katman veya oluşumların varlığı ya da yokluğunun alansal dağılımlarının bulunduğu bir önceki altlıklarda söz konusu bu oluşumun varlığının görüldüğü kuzeydeki kolüvyal alan dışında kalan tüm çalışma alanı için de taşlı-çakıllı bir katmanın varlığı tespit edilmiştir. Sözü edilen aykırı katman veya oluşumların yayılım gösterdiği alanlardaki toprakların ise alüvyal yelpazenin tüm zonları ile batı, güney ve kuzeydoğudaki kolüvyal araziler üzerinde yer aldığı görülmektedir. Alüvyal yelpazenin

tümü ile yine bazı küçük yandereler tarafından etki altına alınmış olan söz konusu koluviyal araziler üzerinde yer alan topraklar, yeni yeni taşkınlar ya da depolanmalar ile profillerinde aykırı katmanların ve materyallerin varlığı ile farklılıklar oluşturmuştur. Pedometrik yaklaşımla tespit edilmiş olan bu husus, jeomorfoloji ve toprak genetiği kuralları ile yüksek oranda uyum göstermektedir. Nitekim söz konusu koluviyaller üzerinde yer alan “Zambaklı” serisi toprakları 40 cm derinlikten itibaren taşlılık özellikleri yönünde anlamlı bir değişiklik göstermektedir (Bkz Çizelge 3.4). Benzer şekilde aluviyal yelpazenin üst zonunda yer alan çayırbaşı serisi toprakları profillerinin 45–58 cm (Bkz Çizelge 3.5), “Kumtarla” serisi toprakları ise (Bkz Çizelge 3.6) 30 cm derinliklerinde başlayan önemli bir aykırı katman oluşumuna sahip bulunmaktadır. Aluviyal yelpazenin alt zonunda yer alan “Yumruçakıl” serisi topraklarında da aynı şekilde 50–77 cm derinlikte yoğun çakıllı bir aykırı katmanın varlığı görülmektedir (Bkz Çizelge 3.7). Önemli sayılabilecek bir karmaşaya sahip olan söz konusu bu jeomorfolojik ve jeogenetik farklılıkları başarılı bir şekilde ayırt etmiş olan pedometrik yaklaşımın önemli bir avantajı daha böylece ortaya çıkmış bulunmaktadır.



Şekil 4.75. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için aykırı horizonlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen aykırı katman/materyal değişkeninin içeriği kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.77’de verilmiştir. 90+ cm derinlik için aykırı katman içeriği değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; tasnif dışı (0 numaralı sınıf), taşlı-çakıllı katman (3 numaralı sınıf) ve organik materyal katmanı (4 numaralı sınıf) olan toprakların varlığı görülmektedir.

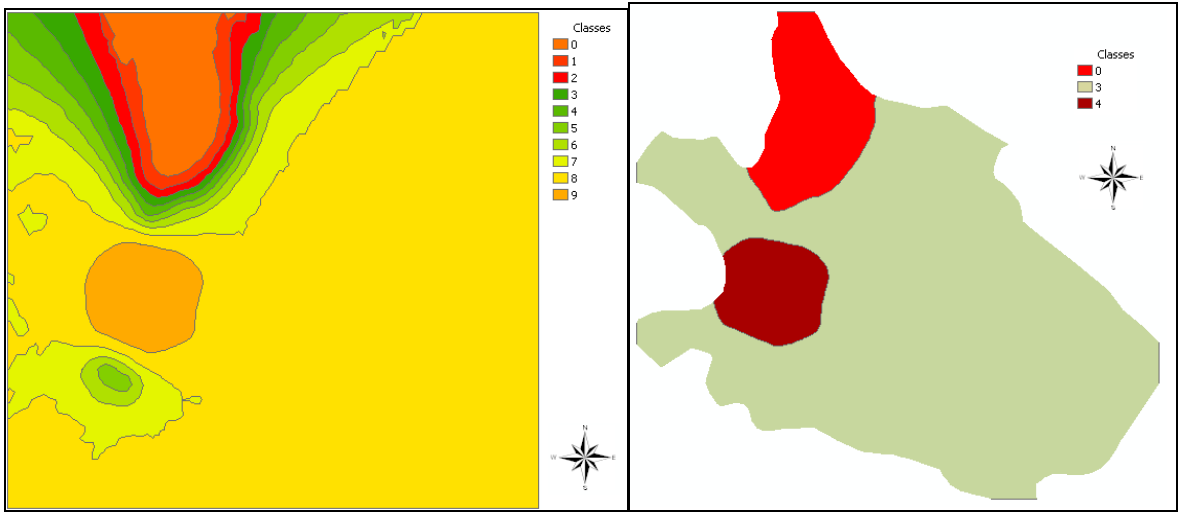
Aykırı katman veya oluşumların varlığı ya da yokluğunun alansal dağılımlarının bulunduğu bu derinliğe ait altlıklarda söz konusu bu değişkenin varlığının görüldüğü alanlar için taşlı-çakıllı bir katman dışında bir de organik materyal katmanının görüldüğü bir bölge tespit edilmiştir. Drenaj problemi olan ve alüvyal yelpaze üst zonunda bir bölgeye denk gelen söz konusu bu alanın eski göl tabanı olduğu bu derinlikte karşılaşılan organik materyal katmanının varlığı ile de kanıtlanmıştır.

Bir üst derinlikte aykırı katman varlığı görülmeyen kuzeydeki kolüvyal alanda bu derinlikte metamorfik kökenli masif yapılı C horizonu ve metamorfik kırıntılı kayaç birikimleri tespit edilmiştir. Bu derinlikte karşımıza çıkan söz konusu bu aykırı katman sebebiyle birçok toprak özelliğine dair okuma yapılamamış olduğu diğer altlıklardan görülmektedir. Alüvyal yelpaze orta zonu için bir üst derinlikte de varlık gösteren çakıl ve taş içerikli aykırı katman bu derinlikte de karşımıza çıkmış ancak yoğunluğunda ciddi bir artış görülmüştür. Bu bölgeye dair birçok toprak özelliğinin okunamamasına bu yoğunluk artışı sebep olmuştur ve bu durum diğer toprak özelliklerinin altlıklarında da görülmektedir. Diğer bölgelerde karşılaşılan taş-çakıllı aykırı katmanlar ise diğer toprak özelliklerinin tespit edilmesini engelleyecek kadar yoğun durumda ya da yapıda görülmemişlerdir.

Her iki derinlikte de aykırı katman varlığı görülen doğu, batı ve güneybatıda bulunan ve Sarı vd’nin (2008) “Zambaklı” serisi (Bkz Çizelge 3.4) adını vermiş oldukları kolüvyal topraklarda 82 cm derinlikten itibaren çap büyüklüğü artan şistik taşların varlığı tespit edilmiştir. Alüvyal yelpazenin alt zonuna tekabül eden alanlarda ise her iki derinlikte de

aykırı katman veya oluşumların tespit edildiği altlık haritalardan görülmektedir. 60 cm derinlikte başlayan bu katman 110 cm derinlikte sona ermektedir (Bkz Çizelge 3.7).

Bir üst derinlik için 45–58 cm katmanında çakıllı-taşlı bir aykırı katman tespit edilen aluviyal yelpazenin üst zonunda yer alan Çayırbaşı serisi toprakları profillerinde ise 60 cm derinlikten sonra bu aykırı katmanın varlığı görülmemiştir (Bkz Çizelge 3.5). Bu sebeple bu derinlik için söz konusu bu bölgede aykırı katmanın varlığı tespit edilmemiştir.



Şekil 4.77. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için aykırı horizonlar dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

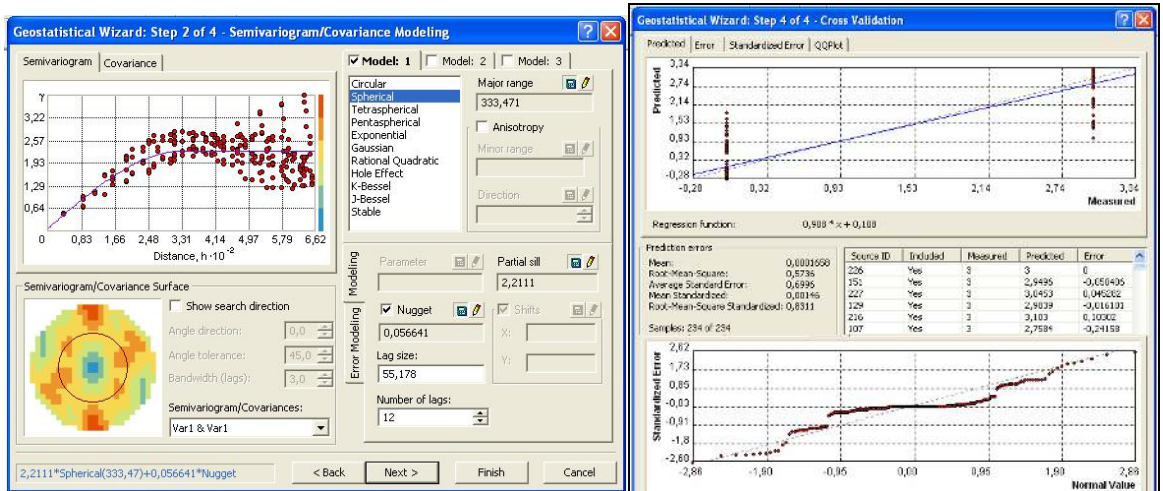
Pedolojik Görünümler Değişkeni;

Bir başka toprak özelliği olan pedolojik görünümünün içeriği değişkenin amacının profil boyunca kireç, kil, mangan, demir, CaCO_3 birikimi gibi pedolojik görünümünün içeriğini belirlemek olması sebebiyle yüzey horizonunda bu tür bir birikimin beklenmeyeceği aşıkardır. Bu sebeple pedolojik görünümünün içeriği değişkeninin değerlerinin çalışma alanı 0–30 cm derinlikte bir değişim göstermemesinden dolayı bu derinliğe dair bir hesaplama yapılamamıştır.

Pedolojik görünümün içeriği değişkeninin çalışma alanı bütününde 30–90 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 55 m, model için etki aralığı 333 m olarak saptanmıştır. Horizonun pedolojik görünüm değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 333 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

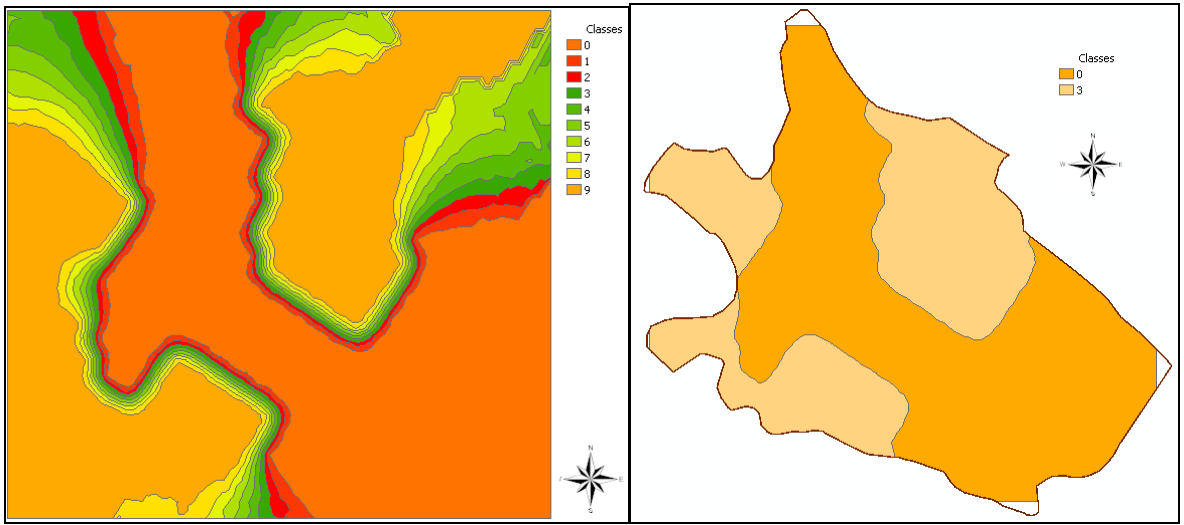
Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.78) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0001658), RMSS (0,83) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.78. Horizonun 30–90 cm derinliğinde pedolojik görünümünün içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen pedolojik görünümün değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.79’da verilmiştir. 30–90 cm derinlik için pedolojik görünümün değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; herhangi bir pedolojik görünüm yok (0 numaralı sınıf) ve mangan birikimi (3 numaralı sınıf) olan toprakların varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpazenin tümünde pedolojik görünümlere dair bir birikim yoktur; kolüvyal alanlardaki toprakların tümünde ise mangan birikimi olduğu bu altlıktan görülmektedir.

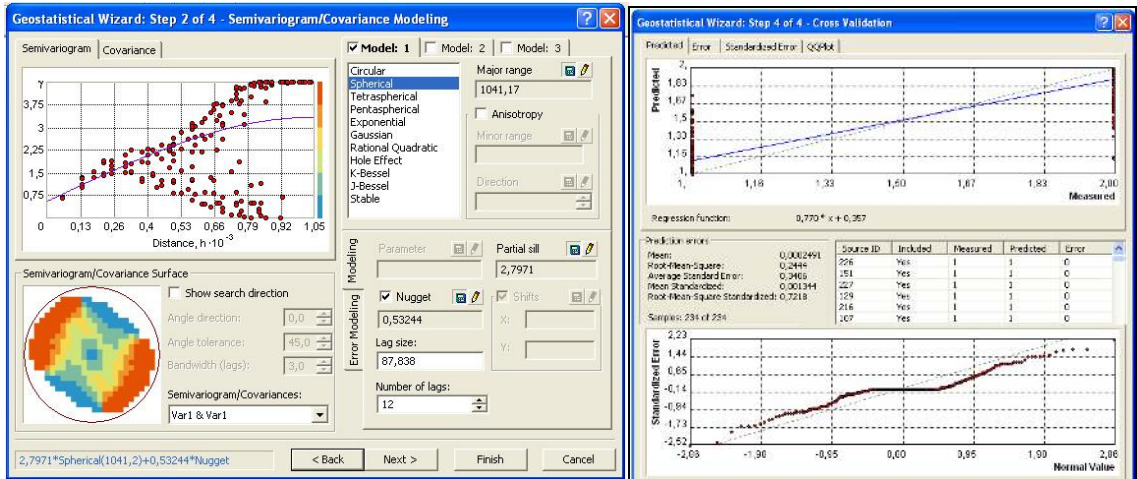


Şekil 4.79. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için pedolojik görünümlerin içeriği dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Pedolojik görünümün içeriği değişkeninin çalışma alanı bütünündeki değişiminin saptanması için 90+ cm derinliğinde yapılan jeostatistiksel analizlerde seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Horizonun pedolojik görünüm değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

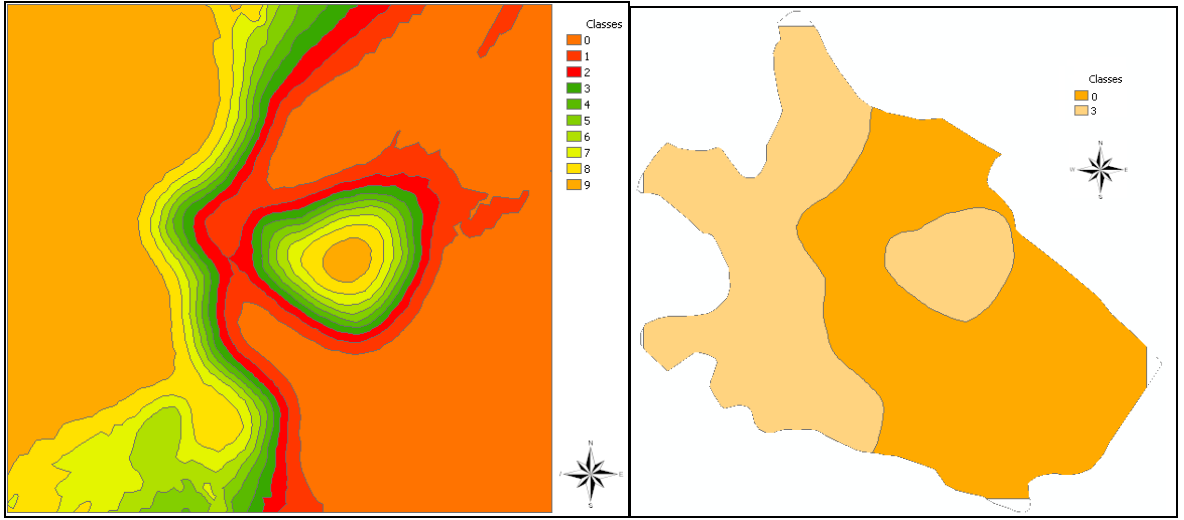
Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.80) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,0002491), RMSS (0,72) değerinin de 1'e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.80. Horizonun 90+ cm derinliğinde pedolojik görünümünün içeriği değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen pedolojik görünüm değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.81'de verilmiştir. 90+ cm derinlik için pedolojik görünüm değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; herhangi bir pedolojik görünüm yok (0 numaralı sınıf) ve mangan birikimi (3 numaralı sınıf) olan toprakların varlığı görülmektedir.

Alüvyal yelpazenin üst zonunda bu derinlikte mangan birikimi tespit edilmiştir. Alüvyal yelpazenin orta ve alt sonunda ise herhangi bir pedolojik görünüm (birikim) yoktur ve bu sebeple 0 sınıfını almıştır. Kuzeydoğudaki kolüvyal alan haricindeki tüm kolüvyal alanlarda bu derinlikte de mangan birikiminin devam ettiği bu altlıktan görülmektedir. Kuzeydeki kolüvyal alanda ise bu derinlik için herhangi bir pedolojik görünüm (birikim) yoktur ve bu sebeple 0 sınıfını almıştır.



Şekil 4.81. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için pedolojik görünümünün içeriği dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Litolojik Kesilme Değişkeni;

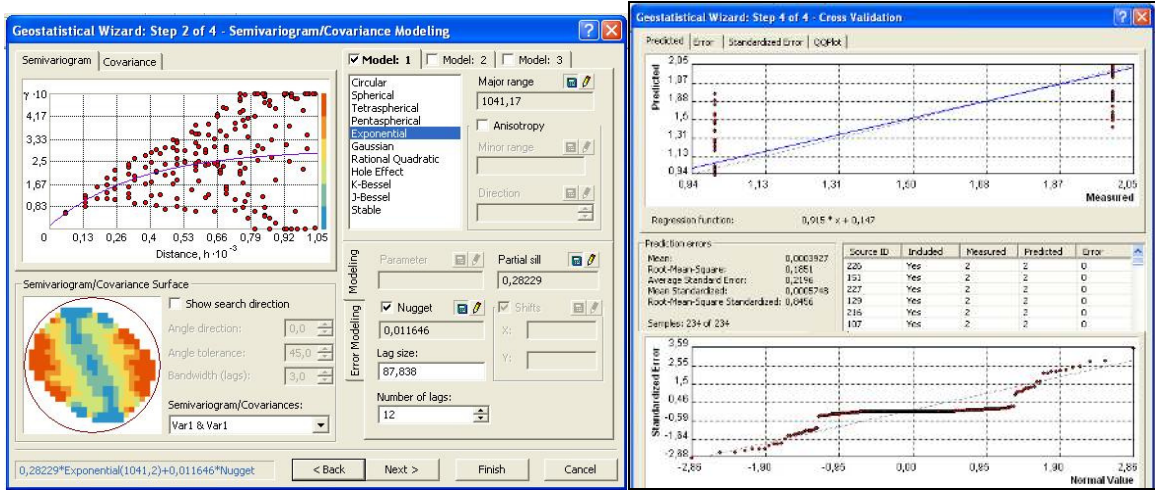
Allokon materyaller üzerinde gelişmekte olan topraklarda sıklıkla karşılaşılan profil özelliklerinden bir tanesi de litolojik kesilmedir. Toprak tekstür sınıflarında, horizonların mineralojik bileşiminde ve horizonlardaki anlamlı yaş-zaman farklılıkları olarak tezahür eden litolojik kesilmeler, gerek klasik ve gerekse pedometrik haritalama uygulamalarında dikkate alınması zorunlu bir toprak değişkenidir. Litolojik kesilme değişkeninin değerlerinin çalışma alanı 0–30 cm derinlikte bir değişim göstermemesi sebebiyle bu derinliğe dair bir hesaplama yapılamamıştır. Bu değişkenin amacının profil boyunca

katmanlar arasında ani bir değişiklik bir başka deyişle litolojik kesilmenin olup olmadığının sorgulanması olması sebebiyle yüzey horizonunda bu tür bir birikimin beklenmemesi gerekmektedir.

Söz konusu bu değişkeninin çalışma alanı topraklarının 30–90 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görölmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Horizonun litolojik kesilme tespiti değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir, ayrıca Çizelge 4.13’de göröldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

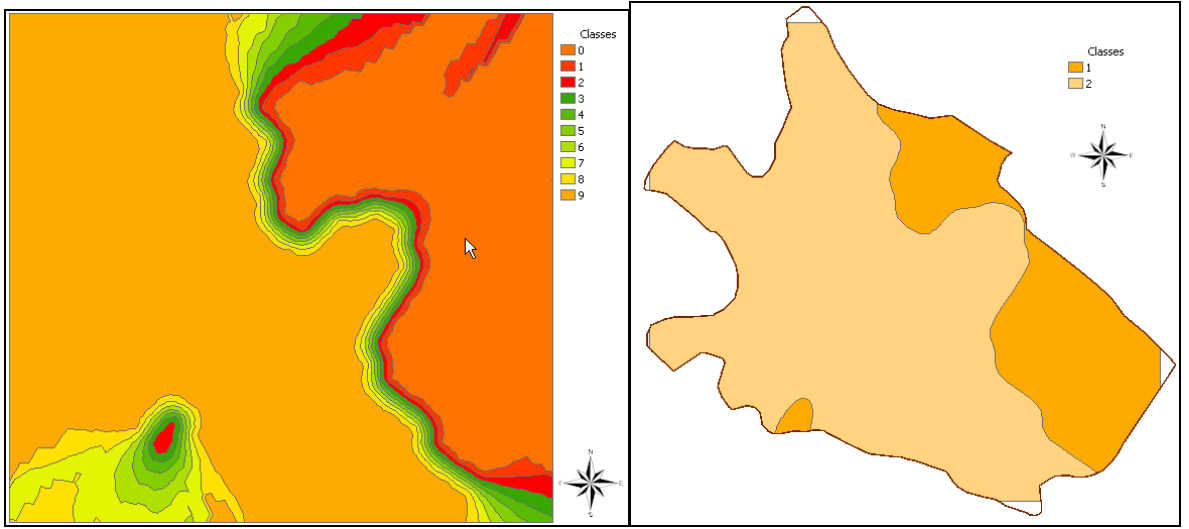
Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görölmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.82) bakıldığında ise ortalama hatanın 0’a çok yakın (0,0003927), RMSS (0,85) değerinin de 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görölmektedir.



Şekil 4.82. Horizonun 30–90 cm derinliğinde kesiklik değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen litolojik kesilme değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.83’de verilmiştir. 30–90 cm derinlik için litolojik kesilme değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; litolojik kesilmenin olduğu (1 numaralı sınıf) ve litolojik kesilmenin olmadığı (2 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir. Alüvyal yelpazenin alt zonu ve kuzeydeki kolüvyal alan toprakları dışında diğer alanlarda, bu derinlik için katmanlar arasında ani bir değişiklik ya da litolojik kesilmeye rastlanmadığı bu altlıktan anlaşılmaktadır.

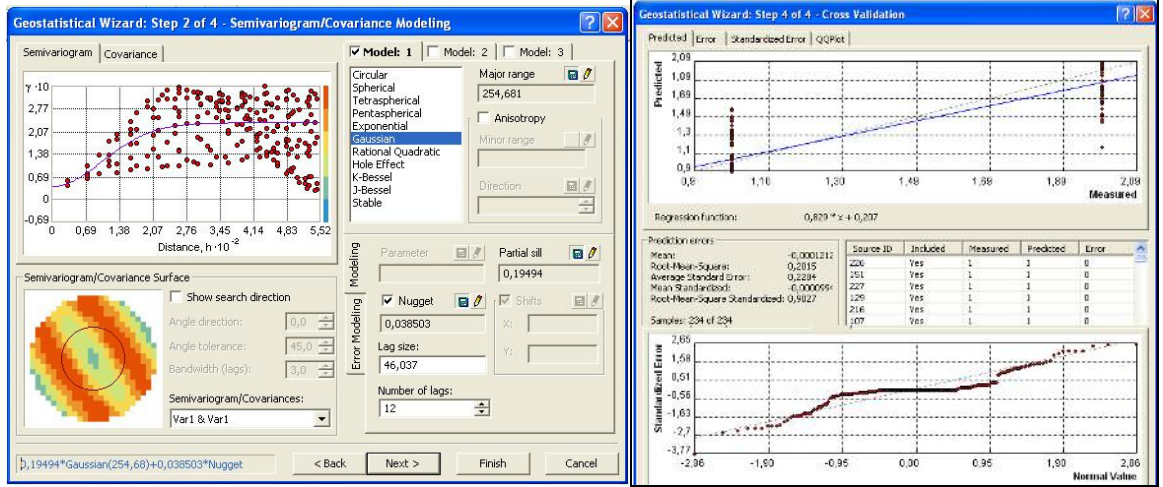


Şekil 4.83. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için kesiklik dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Litolojik kesilme tespiti değişkeninin çalışma alanı topraklarında 90+ cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 46 m, model için etki aralığı 255 m olarak saptanmıştır. Horizonun litolojik kesilme tespiti değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 255 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

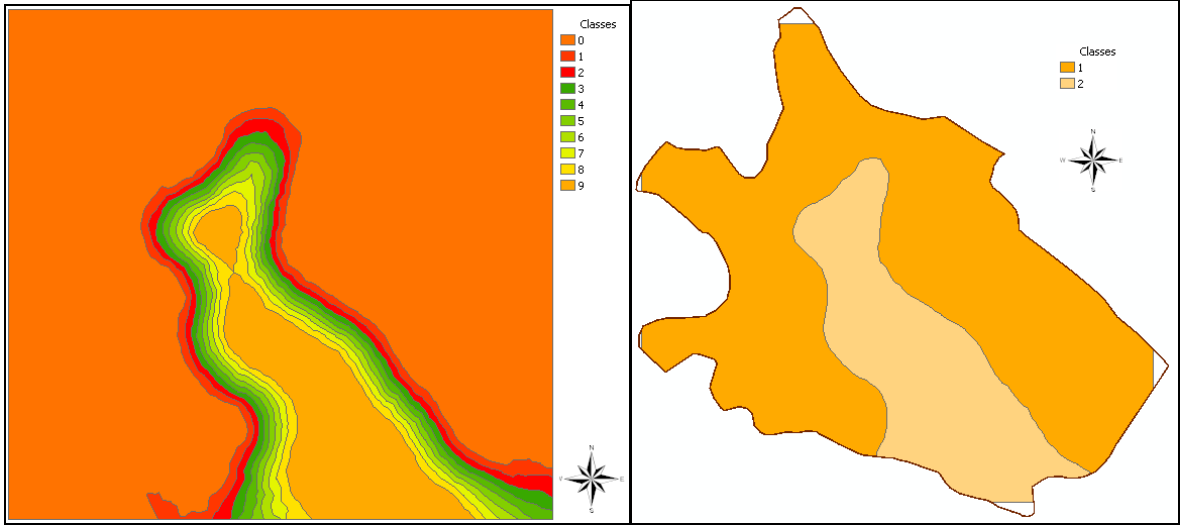
Uygun bağlantı modelinin Gaussian olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.84) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a çok yakın (0,0001212), RMSS (0,90) değerinin de 1'e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.84. Horizonun 90+ cm derinliğinde litolojik kesilme değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen litolojik kesilme değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.85'de verilmiştir. 90+ cm derinlik için litolojik kesilme değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda; litolojik kesilmenin olduğu (1 numaralı sınıf) ve litolojik kesilmenin olmadığı (2 numaralı sınıf) toprakların varlığı görülmektedir. Bu derinlik için litolojik kesilme olan alanların arttığı ve alüvyal yelpazenin orta zonu haricinde tüm alanda litolojik kesilme görüldüğü tespit edilmiştir.



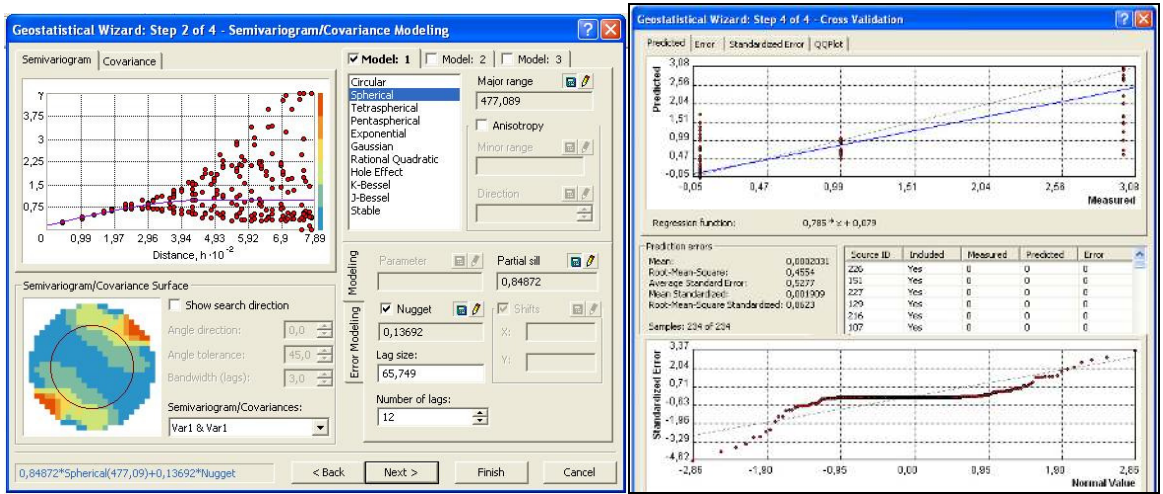
Şekil 4.85. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için litolojik kesilme dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Litolojik kesilme çeşidi değişkeninin çalışma alanı topraklarının 0–30 cm derinlikte bir değişim göstermemesi sebebiyle bu derinliğe dair bir hesaplama yapılamamıştır (Bkz. Çizelge 4.12). Bu değişkenin amacının profil boyunca katmanlar arasında renk değişimi, tekstür değişimi, minerolojik değişim gibi ani bir değişiklik bir başka deyişle litolojik kesilmenin içeriğini belirlemek olması sebebiyle yüzey horizonunda bu tür bir birikimin beklenmemesi gerekmektedir.

Litolojik kesilme çeşidi değişkeninin çalışma alanı 30–90 cm derinlikteki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 66 m, model için etki aralığı 477 m olarak saptanmıştır. Horizonun litolojik kesilme çeşidi değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 477 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin küresel (Spherical) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.86) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,0002031), RMSS (0,86) değerinin de 1'e çok yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

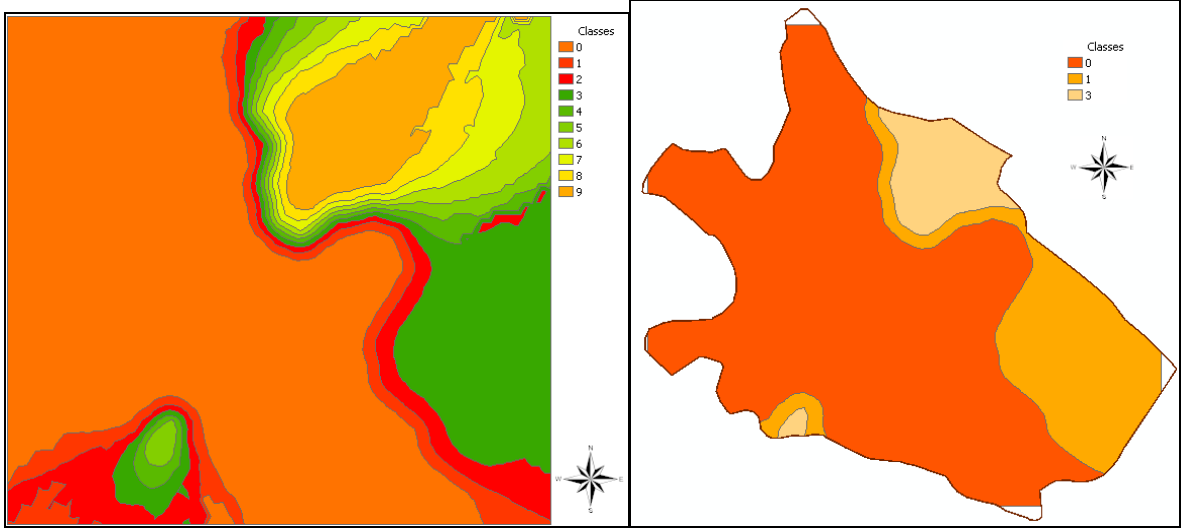


Şekil 4.86. Horizonun 30–90 cm derinliğinde litolojik kesiklik çeşidi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

30–90 cm derinliği için litolojik kesilme tespitinin değişiminin izlendiği Şekil 4.87’de, bir önceki altlıklarda litolojik kesilme olmadığı tespit edilen alanların hepsinin, bu katmanda 0 değerini aldıkları görülmektedir. Renk değişimi (1 numaralı sınıf) ve mineralojik değişim olan (3 numaralı sınıf) toprakların dağılımı bu altlıkta görülmektedir.

Çalışma alanı topraklarında saptanmış olan litolojik kesilmelerden biri profillerdeki “renk ve tekstür” değişimi, bir diğeri ise “mineralojik” değişimlerdir. Alüvyal yelpazenin

alt zonu için bu katmanda ani bir renk değişikliğinin tespit edildiği ve kuzeydeki kolüvyal alanda da ani bir mineralojik değişim gözlemlendiği bu altlıktan anlaşılmaktadır. Bu alanların haricindeki diğer alanlarda bu derinlik için herhangi bir litolojik kesilme tespit edilmemiştir.



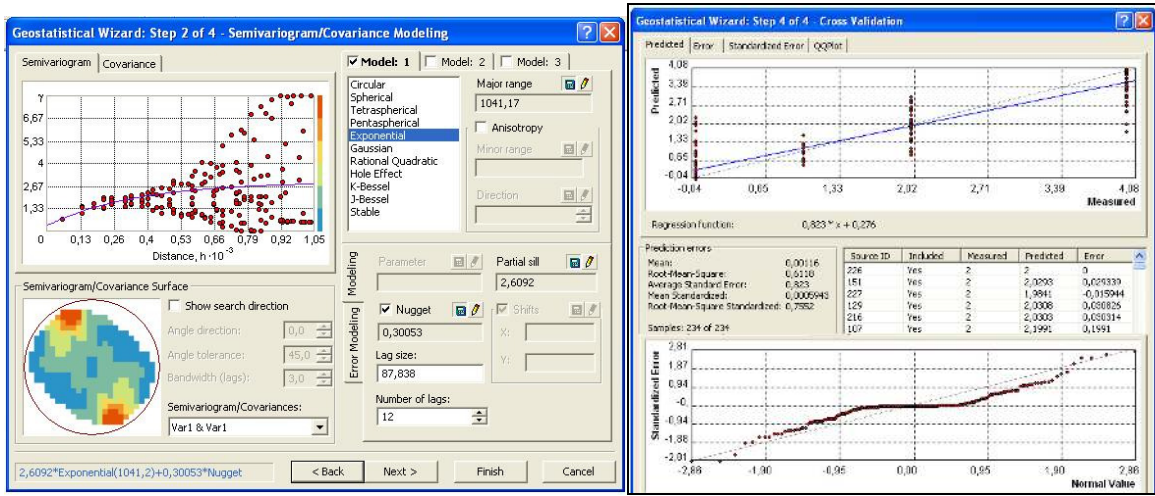
Şekil 4.87. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 30–90 cm derinliği için litolojik kesiklik çeşidi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Litolojik kesilme çeşidi değişkeninin çalışma alanı topraklarının 90+ cm derinliğindeki değişiminin saptanması için seçilen en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Buna göre bu değişken için; uygun semivariogram aktif lag mesafesi 88 m, model için etki aralığı 1041 m olarak saptanmıştır. Horizonun litolojik kesilme çeşidi değişkeni için bulunan bu değer, bu derinlikte yatayda 1041 metreye kadar birbirleriyle ilişki (uzaysal bağımlılık) içerisinde olduğunu göstermektedir ve ayrıca Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere bu değişkenin kuvvetli uzaysal bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uygun bağlantı modelinin üssel (Exponential) olduğu belirlenen değerlendirmede, oluşturulan semivariogram, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama grafiğinden; ölçülen değerler ile Ordinary Kriging analiziyle tahmin edilen değerlerin

birbirine oldukça benzedikleri ve seçilen modelin alandaki değişimini ifade etmek üzere çok uygun olduğu görülmektedir. Normalite değerlerinden sapmalar düşük düzeydedir.

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin sonuçlarına (Şekil 4.88) bakıldığında ise ortalama hatanın 0'a oldukça yakın (0,00116), RMSS (0,75) değerinin de 1'e nispeten yakın olduğu, dolayısıyla seçilen modelin uygun olduğu görülmektedir.

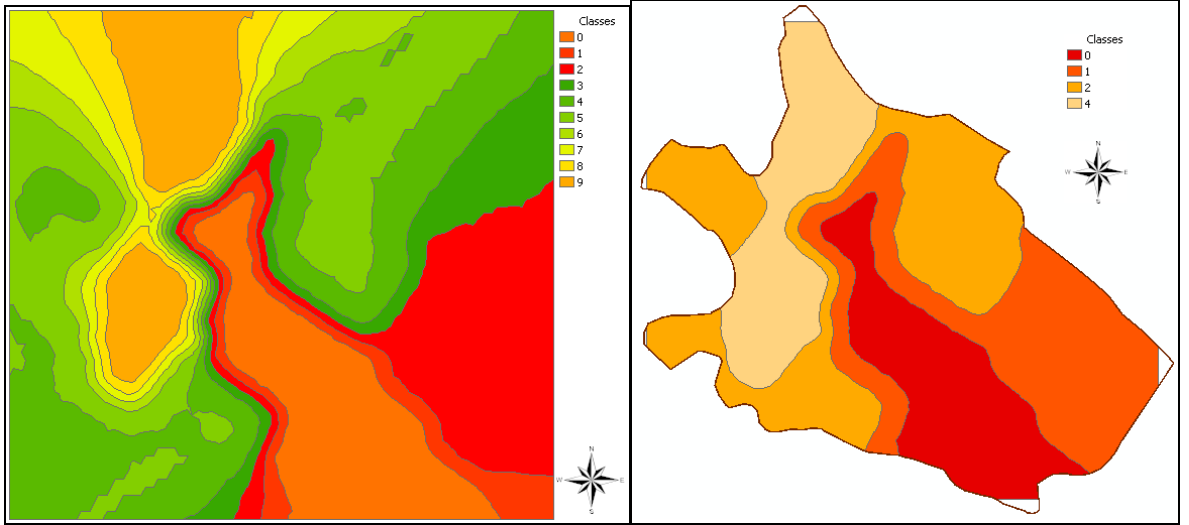


Şekil 4.88. Horizonun 90+ cm derinliğinde litolojik kesikliğin çeşidi değişkeni için en uygun semivariogram modeli ve model parametreleri ile ölçülen ve tahmin edilen değerlerin çapraz doğrulaması

Yukarıda semivariogram model ve parametreleri verilen litolojik kesilme değişkeninin kriging interpolasyon analizi sonucu hazırlanan altlık haritası Şekil 4.89'da verilmiştir. 30–90 cm derinlik için litolojik kesilme değişiminin çalışma alanı bütününde izlendiği bu haritada alanda bir önceki altlıklarda litolojik kesilme olmadığı tespit edilen alüvyal yelpaze orta zonunun bu katmanda 0 değerini aldığı görülmektedir. Renk değişiminin (1 numaralı sınıf), tekstürel değişimin (2 numaralı sınıf) ve renk ve tekstür değişiminin bir arada görüldüğü (4 numaralı sınıf) toprakların dağılımı bu altlıkta görülmektedir.

Alüvyal yelpazenin üst zonu için bir önceki katmanda olmayan renk ve tekstür değişiminin bu katmanda görüldüğü; alt zonu için bu katmanda da bir önceki katmanda

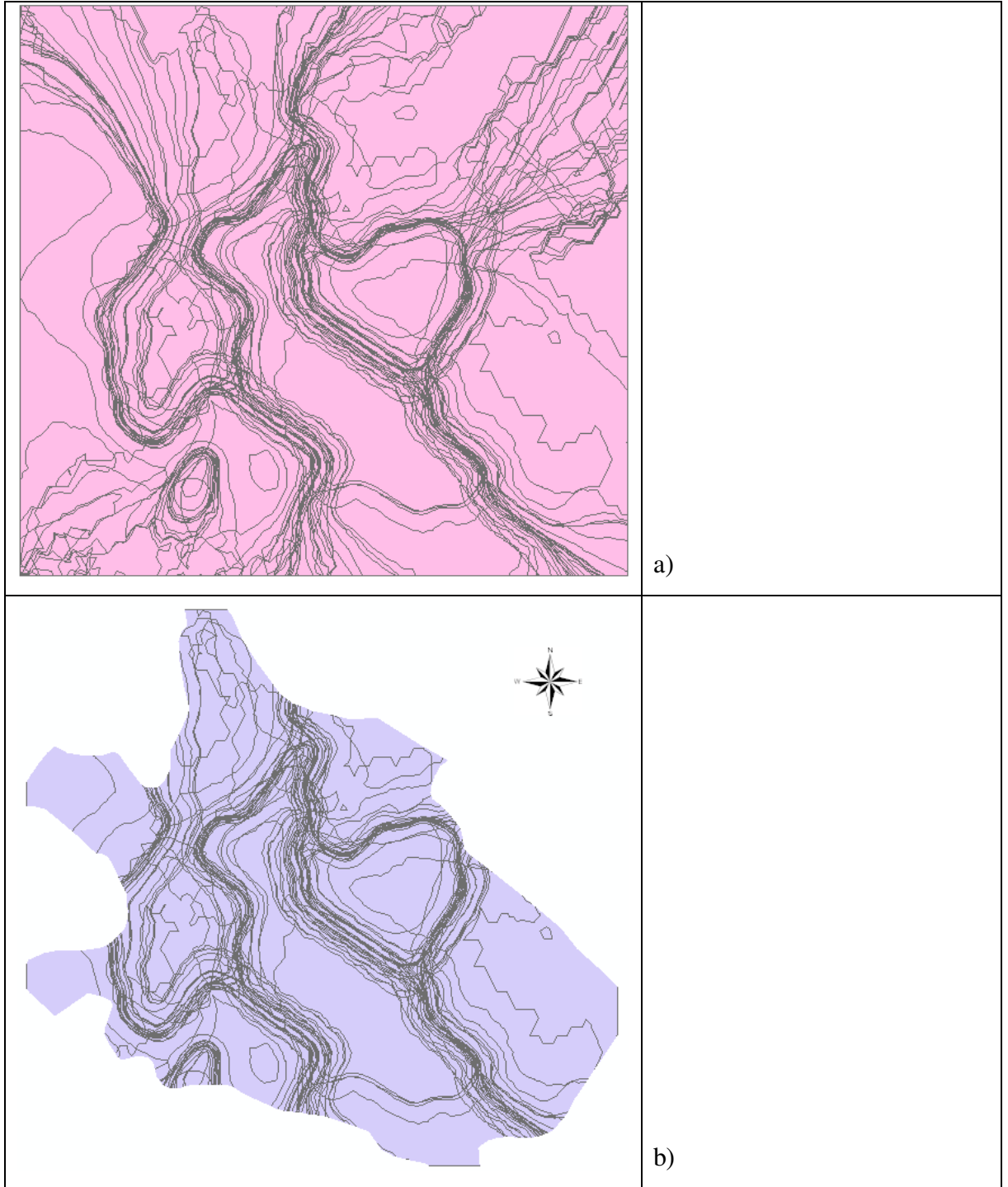
görülen renk değişikliğinin tespit edildiği ve kolüvyal alanların tümünde de ani bir tekstürel değişime rastlandığı bu altlıktan anlaşılmaktadır. Bir önceki katmanda ani mineralojik değişimin gözlemlendiği kuzeydeki kolüvyal alanda bu kez tekstürel değişim görülmüştür.



Şekil 4.89. Ordinary Kriging ile tahmin edilen horizonun 90+ cm derinliği için litolojik kesikliğın çeşidi dağılım haritası ve sadeleştirme sonucu sonuç dağılım haritası

Buraya kadarki aktarımlarda, çalışma alanı toprakları için belirlenmiş olan 43 farklı pedolojik değişken için semivariyogram model parametreleri kapsamında yapılmış olan değerlendirmelere ve bu değerlendirmelere bağlı olarak üretilmiş olan altlık haritalara yer verilmiştir. Söz konusu bu haritaların herhangi birisi ya da birkaçı, çalışma alanı temel toprak haritası görevini üstlenebilecek nitelik ve niceliğe sahip değildir. Bu altlık haritaların tamamının belli teknik ve teknolojiler kullanılarak birleştirilip, sadeleştirilip “temel toprak haritası” haline dönüştürülmesi gerekmektedir. Ancak, sözü edilen değişkenleri ve tabiidir ki değişkenlerin alan içerisindeki dağılımlarını bir bütün halinde belleğinde organize eden ve sonuç toprak haritasını oluşturabilen klasik bir toprak etütçünün beyinsel-mental faaliyetlerini ya da bunların çalışma mekanizmalarını sayısal ortamda modelleyerek modern ya da alternatif bir toprak haritalama metodolojisi geliştirmenin, günümüzün modern teknik ve teknolojilerine rağmen hala zor bir hedef

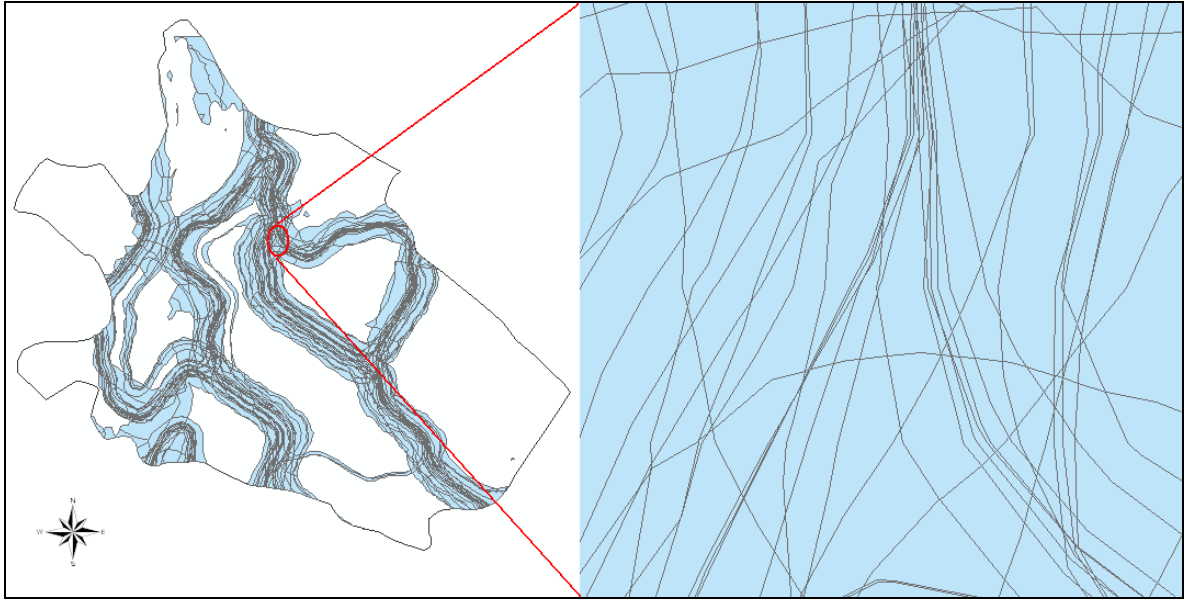
olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte konunun uzmanları, bu günlerde “jeostatistik ve pedostatistik” gibi isimler altında bazı yeni sayısal yaklaşımlar üzerinde yoğun bir şekilde çalışmaktadırlar. İşte bu kapsamda; yukarıda sözü edilen hedefe yönelik olarak geliştirilen ve bu tez çalışması kapsamında uygulanarak denenen yeni bir toprak sınıflamasına ait yöntemin akış şeması daha önceki bölümlerde Şekil 3.18’de verilmiştir. Söz konusu bu yöntem akış şemasında yer alan ve önemli basamaklardan biri olan “pedolojik altlıkların karşılaştırılması” aşaması ile ilgili çalışmalar aşağıda verilmiştir. Bu çalışma kapsamında toplam 43 ayrı altlık haritanın ve harita bilgilerinin coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla karşılaştırılması ve sadeleştirilmesi ile elde edilmiş olan “elementel toprak haritası” şekil 4.90’da verilmiştir.



Şekil 4.90. a) Pedolojik değişkenlerin çakıştırılması sonucunda oluşturulmuş olan altlık b) Çalışma alan sınırına göre “Elementel Toprak Haritası”

Çalışma alanı toprakları için seçilmiş olan 43 farklı altlığın üst üste çakıştırılması sonucunda oluşturulmuş olan yukarıdaki haritada, farklı toprak özelliklerinin ya da değişkenlerin birleşiminden ortaya çıkmış olan toplam poligon sayısı 3801'dir. Bu poligonlar, veri tabanında, her bir toprak özelliğinin ya da değişkenin farklı kombinasyonlarından oluşan özelliklere sahiptir ve bu poligonların oluşma sebebi ise alandaki özelliklerin-değişkenlerin konumsal dağılımlarını belirlemek için kullanılan interpolasyon yönteminin formülasyonunda, toprak örnekleme noktalarının birbirine olan mesafe, ağırlık ve etkileşimlerinin hesaba katılmış olmasıdır. Bu durumda ana değişken altlık sınırları arasında ortaya çıkmış ve farklı sınırlarla ayırt edilmiş olan yeni altlıklar ya da alanlar/poligonlar söz konusudur ve bunlar bir toprak serisinden diğer bir seriye geçilirken gerçekte de var olan ve her iki serinin de özelliklerinden bir parça taşıyan değişim alanlarından (geçiş horizonlarından) başka bir şey değildir. Şekil 4.91'de verilmiş olan haritadan da açıkça görüleceği üzere, bu türlü karmaşık ve net bir sınırla ayırt edilmesi çok zor olan alanlar, klasik toprak haritalama çalışmalarında da söz konusu olmaktadır.

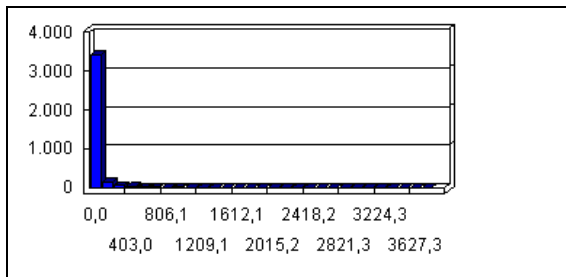
Şekil 4.90'daki elementel toprak haritasına bakıldığında farklı özellikleri barındıran 3801 tane poligon olsa da bu poligonlardan 4 da'dan küçük poligonlar (Soil Survey Manual 1993) Sorgulandığında 3775 adet poligon bulunduğu ve bu poligonların ortalamasının 62 m² olduğu görülmektedir (Çizelge 4.20). Ayrıca bu poligonların 3354 tanesinin 100 m²'den küçük olduğu da yapılan sorgulamalar ile bulunmuştur (Şekil 4.91). Böylesine küçük bir çalışma alanı için minimum alan büyüklüğü 0,00003 m² olan poligon özelliklerinin her birinin ayrı ayrı dikkate alınması olanaksızdır (bkz. Çizelge 4.17). Bu sebeple bu alanların sınıflandırılması, yani benzer özellikler taşıyan sınıfların kümelenerek esas toprak sınıfları sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.91. Dört dekardan küçük poligonlar ve bu poligonların detay görünümü

Çizelge 4.20. Dört dekardan küçük poligonlara dair istatistikî bilgiler

Poligon sayısı	3775
Minimum poligon alanı (m ²)	0,00003
Maksimum poligon alanı (m ²)	3810,1
Toplam alan (m ²)	235535,5
Poligonların büyüklük ortalaması (m ²)	62,3
Standart sapması	243,6



Şekil 4.92. Dört dekardan küçük poligonların alansal büyüklükleri ve sayılarının dağılımı

Yukarıda sözü edilen ve farklı toprak sınıfları arasında komşu sınıflar ile benzer özellikler taşıyan bu küçük poligonların kümelenerek asıl toprak sınıflarının oluşturulabilmesi ve bu sınıfların sınırlarının belirlenmesi işlemini, uzman insiyatifinden olabildiğince uzak bir biçimde, bilimsel yaklaşımlarla ve teknolojinin bu alandaki son olanaklarını kullanarak sayısal ortamda bilgisayara yaptırabilmek amacıyla iki farklı sınıflama yöntemi kullanılmıştır. Bu sınıflama yöntemleri;

1. Kontrolsüz sınıflama (SPSS yazılımı kullanarak otomatik sınıflama)
2. Kontrollü sınıflama (SQL sorgulama yaparak sınıflama)

Bu iki farklı sayısal yöntemin uygulanması ile elde edilmiş olan iki ayrı sayısal toprak haritası, ayrı ayrı Sarı vd (2008) tarafından geleneksel yöntemle seri ve faz düzeyinde hazırladıkları klasik toprak haritası ile karşılaştırılmış ve iki farklı (sayısal ve klasik) yöntemle hazırlanmış olan toprak haritaları arasındaki farklılıklar ya da uyumsuzluklar belirlenmiştir. İki farklı sayısal sınıflama yöntemine ilişkin uygulama sonuçları aşağıda farklı başlıklar altında verilmiştir.

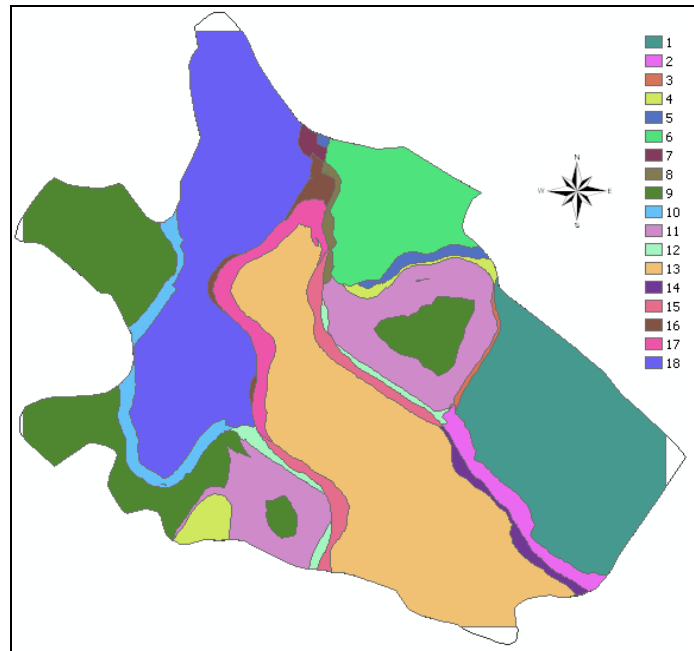
4.1.4 Kontrolsüz sınıflama ve sorgulaması

Çalışma alanı topraklarının pedolojik özelliklerini temsil eden sonuç haritası ve veri tabanının kontrolsüz olarak sınıflandırılması için SPSS 17.0 yazılımı kullanılmış ve bu yazılımın ‘Sınıflandırma (Classify)’ sekmesinde bulunan ‘TwoStep Cluster’ ve ‘K-means’ seçeneklerinin her ikisi de uygulanmıştır.

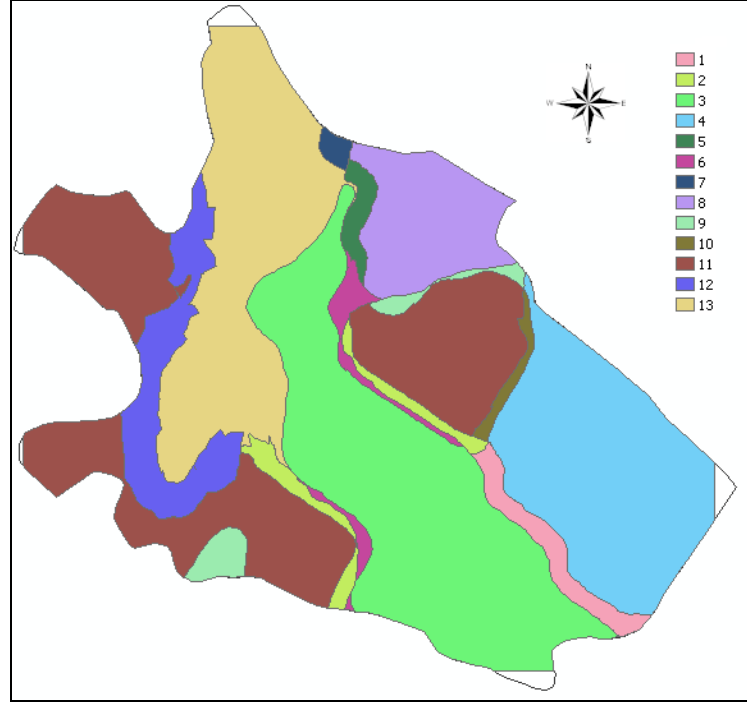
‘TwoStep Cluster’ algoritmasının kullanıldığı ve sınıflandırma işleminin en başında maksimum sınıf sayısının bildirildiği bu sınıflama işlemi iki farklı veri seti için uygulanmıştır. Birinci veri setinde, veri tabanındaki bütün değişkenler sınıflamaya dahil edilmiş ve bu analiz sonucunda sistem, çalışma alanında seri+faz düzeyinde 18 sınıf (Şekil 4.93) oluşturmuştur. İkinci veri setinde ise sadece veri tabanında yer alan genetik özellikleri temsil eden değişkenler sınıflamaya sokularak seri düzeyinde bir sınıflama yapılması

amaçlanmış ve bu analiz sonucunda ise sistem, çalışma alanında 13 farklı toprak sınıfı oluşturmuştur (Şekil 4.94).

‘Twostep cluster’ algoritmasının uygulanması ile elde edilmiş olan sayısal toprak haritası yine Sarı vd’nin (2008) geleneksel yöntemle seri ve faz düzeyinde hazırladıkları klasik toprak haritası ile karşılaştırılmış ve iki harita arasında bazı önemli uyumsuzlukların bulunduğu saptanmıştır. Söz konusu bu uyumsuzluklar ise; her iki veri seti içinde de farklı genetik özelliklere sahip topraklar bulunmasına karşılık bu farklı toprakların aynı sınıf altında yer almış olması şeklindedir ki bu durum, ‘Twostep cluster’ algoritması ile hazırlanmış olan sayısal toprak haritasının güvenilirliğini önemli derecede düşürecek bir dezavantaj ve göz ardı edilemeyecek bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yazılımın, sınıflandırma operasyonunu gerçekleştirirken bütün değişkenleri eşit ağırlıklı olarak değerlendirmeye alması ve değişkenlerin toprağın genetik özellik olup olmasını dikkate almadan belirli oranda bir benzerliği yakaladığı takdirde poligonları aynı sınıfa koyması, söz konusu bu problemin karşımıza çıkmasının sebebidir.



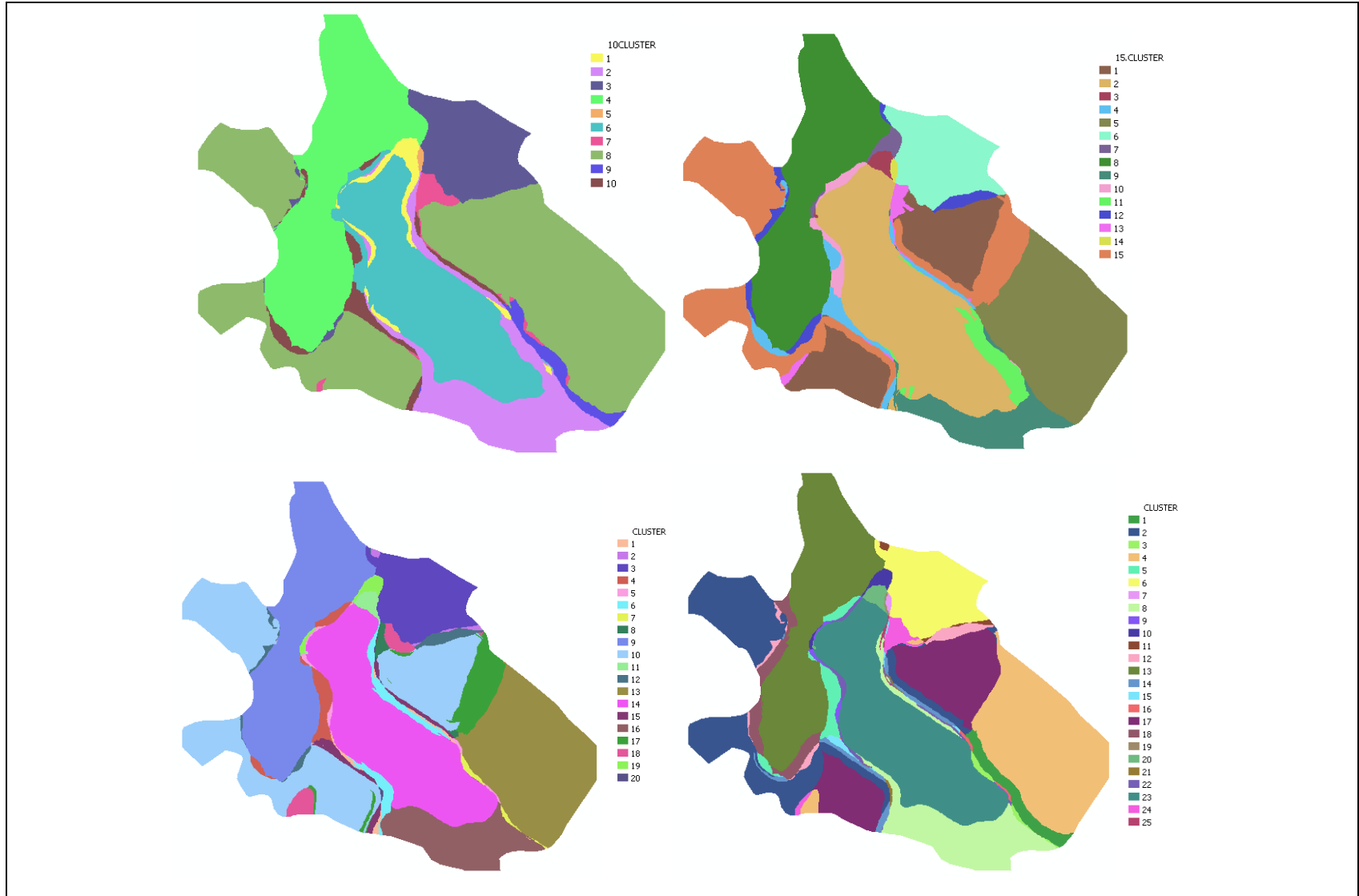
Şekil 4.93. Kontrolsüz sınıflama ile hazırlanan 18 sınıflı toprak haritası



Şekil 4.94. Kontrolsüz sınıflama ile hazırlanan 13 sınıflı toprak haritası

İkinci bir uygulama olarak dikkate alınmış olan ‘K-means’ algoritmasının kullanıldığı sınıflandırma işleminde ise elementel altlık haritasının veri tabanı 10, 15, 20 ve 25 sınıflı kümeler oluşturulmak üzere yazılım kapsamında analiz edilmiştir. Söz konusu bu farklı kümeleme işlemlerinin sonucunda oluşturulmuş olan yeni veritabanları ve haritalar da yine ayrı ayrı Sarı vd’nin (2008) geleneksel yöntemle seri ve faz düzeyinde hazırladıkları klasik toprak haritası ile karşılaştırılmış ve kıyaslamalı sonuçlar elde edilmiştir. Bu kıyaslamalı sonuçlara göre, aşağıda Şekil 4.95’da verilmiş olan dört farklı toprak haritasından 20 sınıflı olan haritanın en uygun harita olduğu kanaatine varılmıştır. Zira, 20 farklı toprak sınıfının bulunduğu bu haritadan sonra sınıf sayısını arttırdığımızda, yeni toprak sınıflarının ortaya çıkmadığı ve haritanın formunun bozulmaya başladığı, 10 sınıflı haritanın ise 15 sınıflı haritadan daha az detay ortaya çıkardığı ve ana sınıfları temsil etmediği tespit edilmiştir. 20 sınıflı haritanın ise 15 sınıflı haritada ayrıştırılamamış olan gerçek sınıfların ortaya çıkarılmasındaki başarısı nedeniyle en uygun sınıflı harita olduğu kararına varılmıştır.

‘K-means’ algoritmasının kullanıldığı sınıflandırma işleminin en başında, sınıf sayısının belirtilmesi ve bu sayının belirlenirken herhangi bir bilimsel dayanağın da olmaması, bu yöntemin önemli bir dezavantajıdır. Bir diğer dezavantaj da; farklı genetik özelliklere sahip toprakların yine aynı sınıf altında yer almış olmasıdır.



Şekil 4.95. Kontrolsüz sınıflama ile elde edilen 10, 15, 20 ve 25 sınıflı toprak haritaları

4.1.5 Kontrollü sınıflama ve sorgulaması

Çalışma alanı topraklarının “kontrollü (supervised)” olarak sınıflandırılması için alanın pedolojik değişkenlerinin kombinasyonlarını içeren altlık harita ve veri tabanı, ArcGIS 9.3.1 yazılımı kapsamında değerlendirilmiştir. Öncelikle bu yazılımla analiz edilen ve çeşitlilikleri belirlenen değişkenler, daha sonra alanı temsil eden ana sınıfların belirlenmesi için SQL sorgulamaya tabi tutulmuş ve bu sorgulama ile de sonuç toprak haritası oluşturulmuştur.

Bölüm 4.1.4’de detayları aktarılan ve Şekil 4.90’de verilmiş olan sonuç haritasında, farklı özellikleri barındıran ve alansal ortalaması 62 m² olan 3801 tane poligon olduğu görülmektedir (bkz. Çizelge 4.20). Sonuç toprak haritasının oluşturulmasında söz konusu bu poligon özelliklerinin her birinin dikkate alınmasının imkânsızlığı sebebiyle bu alandaki benzer özellikler taşıyan sınıfların kümelenerek, esas toprak sınıflarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Soil Survey Manual (1993)’da çalışma ölçeğine uygun olarak öngörülen minimum ayırt edilebilen alan sınırı olan 4 da (0,4 ha) dikkate alınarak bir ön sorgulama yapılmıştır. 4 da’dan küçük alanlar çıkarıldığında (4 dekardan küçük alanlar dikkate alınmadığında) çalışma alanı için toplam 26 adet poligon kalmıştır. Bu poligonların taşıdığı özellikler yeniden analiz edilmiş, çeşitlilikleri sıralanmış ve ortak özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Bu analize göre, 26 poligondan bazılarının da kendi içinde bire bir eş özellikleri barındıran alanlar olduğu görülmüştür. Bu poligonlar da birleştirilmiş ve alandaki toprak serilerini temsil edebileceği öngörülen 13 adet poligon ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan söz konusu benzer toprak özellikleri kullanılarak, 4 da’dan küçük alanlar da dahil, bütün alan için SQL sınıflama yapılmış ve alandaki ana toprak sınıflarını temsil eden her bir toprak sınıfına ait poligonlar araştırılmıştır. Bu özelliklere sahip poligonlara da söz konusu sınıfın temsil kodu atanmıştır. Bu sınıflamada kullanılan SQL kodları ise Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Pedolojik özellikler sonuç altlığı veri tabanındaki veri çeşitliliği

DEĞİŞKEN	KODU	AÇIKLAMASI
AnaMat1	1	Yerinde ayrıışmış
	2	Taşınmış
AnaMatZone	0	Tasnif dışı
	1	Üst zon
	2	Orta zon
	3	Alt zon
AykırıHor2	1	Aykırı katman var
	2	Aykırı katman yok
AykırıHor3	1	Aykırı katman var
	2	Aykırı katman yok
Aykırı2Hor2	0	Aykırı katman yok (Tasnif dışı)
	3	Çakıllı-taşlı katman
Aykırı2Hor2	0	Aykırı katman yok (Tasnif dışı)
	3	Çakıllı-taşlı katman
	4	Organik materyal katmanı
DerinTT	1 (3)	Orta derin
	2 (4)	Derin
DrenajHor3	1	İyi drenaj
	2	Yetersiz drenaj
	3	Orta drenaj
Kesik2Hor2	0	Tasnif dışı
	1	Renk değişimi var
	3	Mineralojik değişim var
Kesik2Hor3	0	Tasnif dışı
	1	Renk değişimi var
	2	Tekstür değişimi var
	4	Renk ve tekstür değişimi var
KesikHor2	1	Kesilme var
	2	Kesilme yok
KesikHor3	1	Kesilme var
	2	Kesilme yok
KirecHor1	1	Kireçsiz
	2	Az kireçli
KirecHor2	1	Kireçsiz
	3	Kireçli
OrgMatHor3	1	Organik materyal var
	2	Organik materyal yok
PedoGor2Hor2	0	Tasnif dışı
	3	Mangan birikimi

PedoGor2Hor3	0	Tasnif dışı
	2	Kil birikimi
	3	Mangan birikimi
PlastikHor1	2	Az plastik
	3	Plastik
PlastikHor2	0	Tasnif dışı
	1	Plastik değil
	2	Az plastik
	3	Plastik
PlastikHor3	0	Tasnif dışı
	2	Az plastik
	3	Plastik
ProfilTasliHor1	2	Çok az taşlı
	4	Orta taşlı
ProfilTasliHor2	3	Az taşlı
	4	Orta taşlı
	5	Çok taşlı
ProfilTasliHor3	1	Taşsız
	3	Az taşlı
	4	Orta taşlı
	5	Çok taşlı
ReaksiyonHor1	1	Nötral
	2	Zayıf alkali
ReaksiyonHor2	0	Tasnif dışı
	2	Zayıf alkali
	3	Orta alkali
RRD2Hor123	2	Sığ
	3	Orta derin
StrbuyHor1	1	Küçük
	2	Orta
	3	İri
StrdayHor1	1	Zayıf
	2	Orta
StrtipHor1	5	Yarı köşeli blok
	6	Granüler
StrtipHor3	0	Tasnif dışı
	8	Masif
TastipiHor123	1	Yuvarlak köşeli
	2	Keskin köşeli
TeksturHor1	3	Kumlu tın
	8	Kumlu killi tın
	10	Kumlu kil

	12	Kil
TeksturHor2	3	Kumlu tın
	8	Kumlu killi tın
	10	Kumlu kil
TeksturHor3	0	Tasnif dışı
	3	Kumlu tın
	11	Siltli kil
	12	Kil
ToprenkHor1	1	423
	2	431
	3	432
	4	434
	5	543
ToprenkHor2	1	431
	2	433
	3	444
	4	544
	5	553
ToprenkHor3	0	Tasnif dışı
	1	544
	2	546
TuzlulukHor1	3	Az tuzlu
	4	Orta tuzlu
TuzlulukHor2	0	Tasnif dışı
	3	Az tuzlu
YapiskanHor1	2	Az yapışkan
	3	Yapışkan
YapiskanHor2	0	Tasnif dışı
	2	Az yapışkan
	3	Yapışkan
YapiskanHor3	0	Tasnif dışı
	2	Az yapışkan
	3	Yapışkan
YuzeytasliHor123	2	Çok az taşlı
	4	Orta taşlı
	5	Çok taşlı

Çizelge 4.22. Sonuç toprak sınıflarını belirlemek için yazılan SQL kodları

SINIF NO	SQL SORGU KODU
1	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 1 AND "Classes_37" = 8 AND "Classes_38" = 3 AND "Classes_39" = 11 AND "Classes_19" = 3 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 2 AND "Classes_47" = 3 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 1 AND "Classes_25" = 3 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 3)
2	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 2 AND "Classes_37" = 3 AND "Classes_38" = 3 AND "Classes_39" = 0 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 0 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 0 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 0)
3	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 2 AND "Classes_37" = 10 AND "Classes_38" = 3 AND "Classes_39" = 0 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 0 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 0 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 0)
4	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 3 AND "Classes_37" = 10 AND "Classes_38" = 10 AND "Classes_39" = 3 AND "Classes_19" = 3 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 3 AND "Classes_46" = 3 AND "Classes_47" = 2 AND "Classes_23" = 3 AND "Classes_24" = 3 AND "Classes_25" = 2 AND "Classes_17" = 2 AND "Classes_18" = 3 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 0)
5	("Classes" = 1 AND "Classes_49" = 0 AND "Classes_37" = 10 AND "Classes_38" = 10 AND "Classes_39" = 12 AND "Classes_19" = 3 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 3 AND "Classes_46" = 3 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 3 AND "Classes_24" = 3 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 3 AND "Classes_22" = 2)
6	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 0 AND "Classes_37" = 8 AND "Classes_38" = 8 AND "Classes_39" = 3 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 4 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 2 AND "Classes_47" = 2 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 2 AND "Classes_25" = 2 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 3 AND "Classes_22" = 3)
7	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 0 AND "Classes_37" = 12 AND "Classes_38" = 8 AND "Classes_39" = 3 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 4 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 2 AND "Classes_47" = 2 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 2 AND "Classes_25" = 2 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND

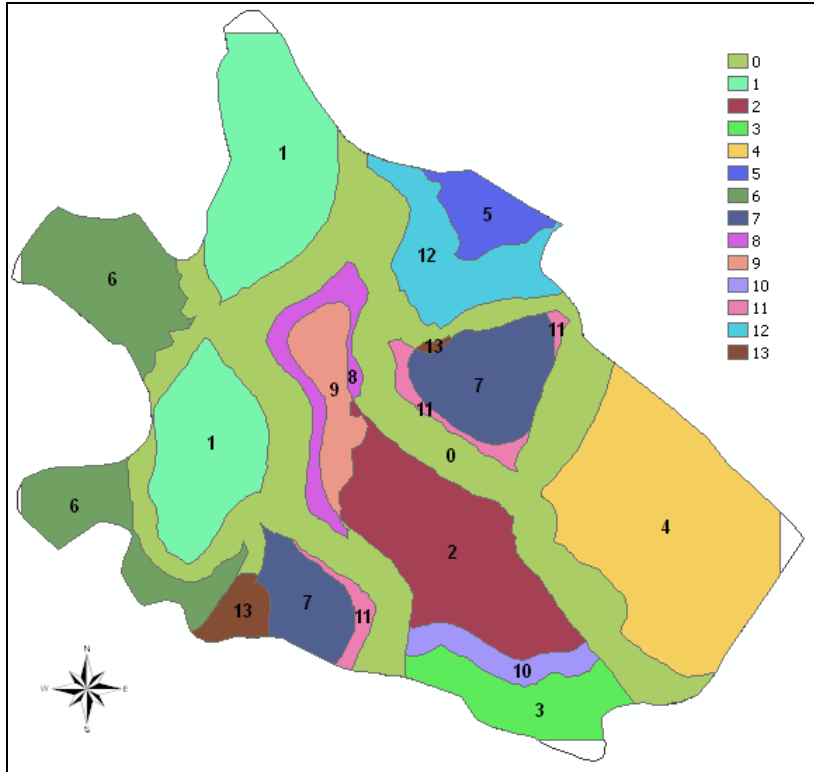
	"Classes_21" = 3 AND "Classes_22" = 3)
8	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 2 AND "Classes_37" = 3 AND "Classes_38" = 3 AND "Classes_39" = 3 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 0 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 0 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 2)
9	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 2 AND "Classes_37" = 3 AND "Classes_38" = 3 AND "Classes_39" = 3 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 0 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 0 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 0)
10	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 2 AND "Classes_37" = 8 AND "Classes_38" = 3 AND "Classes_39" = 0 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 0 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 0 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 0)
11	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 0 AND "Classes_37" = 12 AND "Classes_38" = 8 AND "Classes_39" = 3 AND "Classes_19" = 4 AND "Classes_20" = 4 AND "Classes_45" = 2 AND "Classes_46" = 2 AND "Classes_47" = 2 AND "Classes_23" = 2 AND "Classes_24" = 2 AND "Classes_25" = 2 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 3 AND "Classes_22" = 2)
12	("Classes" = 1 AND "Classes_49" = 0 AND "Classes_37" = 10 AND "Classes_38" = 10 AND "Classes_39" = 11 AND "Classes_19" = 3 AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_45" = 3 AND "Classes_46" = 3 AND "Classes_47" = 0 AND "Classes_23" = 3 AND "Classes_24" = 3 AND "Classes_25" = 0 AND "Classes_17" = 1 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 3 AND "Classes_22" = 2)
13	("Classes" = 2 AND "Classes_49" = 1 AND "Classes_38" = 3 AND ("Classes_39" = 11 OR "Classes_39" = 12) AND "Classes_20" = 3 AND "Classes_46" = 2 AND "Classes_47" = 3 AND "Classes_24" = 1 AND "Classes_25" = 3 AND "Classes_18" = 1 AND "Classes_21" = 0 AND "Classes_22" = 3)

Çizelge 4.21’de verilmiş olan “pedolojik özellikler sonuç altlığı veri tabanı” ve Çizelge 4.22’de verilmiş olan “SQL kodları”nın kullanılması ile yapılan SQL sorgulaması sonucu ortaya çıkan “sonuç toprak haritası” Şekil 4.96’da ve toprak sınıflarının alansal dağılımları da Çizelge 4.23’de verilmiştir. Söz konusu haritada, çalışma alanındaki 4 dekardan küçük alanlar ile ortak özelliklere sahip alanların birleştirilmesi ile ortaya çıkan 13 toprak sınıfına ait genetik özelliklerin (Çizelge 4.24) birlikteliklerinden hiçbirine girmeyen toprak kombinasyonlarının tümü 0 numaralı sınıf olarak atanmıştır. Bu poligonların tümü heterojen yapıdaki karmaşık kombinasyonları içermekte ve sınıflar arası geçiş horizonlarında bulunmakta, çok küçük poligonlardan oluşmakta ve alanın %26,3’ünü kaplamaktadırlar. Söz konusu bu “0” numaralı sınıf haricinde diğer bütün sınıflar, kendi sınırları içinde homojen özelliklere sahip poligonları içeren bir dağılıma sahiptirler ve alanın % 73,6’sını kaplamaktadırlar. Bu sonuca göre “0” kodunu almış olan alanların konumsallıkları incelendiğinde, bu alanların toprak genetiğinin esasları dahilinde yerini almış olan “haritalama birimleri arası geçiş bölgesi alanları” olduğu anlaşılmaktadır.

SQL sorgulama esasına dayalı bu sınıflama yönteminin dezavantajı olarak da söz konusu bu geçiş horizonlarındaki poligonların toprak özelliklerindeki çeşitlilik ve tutarsızlığın gruplanamamasıdır. Günümüz geleneksel toprak haritalama sistematüğinde toprak uzmanının temel olarak hava fotoğrafı yorumuna dayalı olarak gerçekleştirdiğı bu sınır geçirme operasyonunda da aslında aynı problem yaşanmaktadır. Uzmanın, hava fotoğrafını her yorumlayışında (ayrı zamanlarda ya da bir başka uzman tarafından), aynı konumsallıkta çoğı zaman farklı sınırlar geçirilmekte olduğı bilinen bir gerçektir. Bu sebeple, söz konusu bu alanlar için yaşanan böylesine problemler, bu yöntem bütünüünün bazı kısıtları olduğı ve bu problemin giderilmesine yönelik çalışmaların devam ettirilmesi gerektiğı açıktır.

Çizelge 4.23. Sonuç toprak sınıflarının alansal dağılımları

TOPRAK SINIFI	ALAN (m ²)	ALAN %
0	150410,64	26,3
1	82224,84	14,4
2	51876,87	9,1
3	21191,06	3,7
4	82821,92	14,5
5	11711,84	2,0
6	53671,19	9,4
7	40350,85	7,1
8	12369,50	2,2
9	14765,53	2,6
10	9661,60	1,7
11	9040,28	1,6
12	25218,24	4,4
13	6972,42	1,2
TOPLAM	572286,80	100



Şekil 4.96. SQL sorgulama ile hazırlanan final toprak haritası

Çizelge 4.24. SQL sorgu ile elde edilen 13 sınıflı final haritasının veri tabanında toprak sınıflarını temsil eden tanımlayıcı genetik özellikler

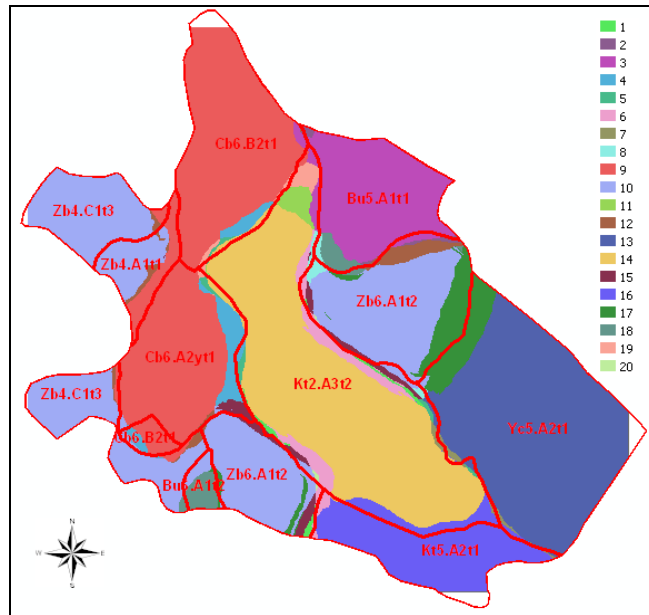
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AnaMat1Hor3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1
AnaMatZone	1	2	2	3	0	0	0	2	2	2	0	0	0
TeksturHor1	8	3	10	10	10	8	12	3	3	8	12	10	10
TeksturHor2	3	3	3	10	10	8	8	3	3	3	8	10	10
TeksturHor3	11	0	0	3	12	3	3	3	3	0	3	11	3
ToprenkHor1	3	2	2	1	4	5	5	2	2	2	5	4	4
ToprenkHor2	2	1	1	5	3	4	4	1	1	1	4	3	4
ToprenkHor3	1	0	0	1	0	2	2	0	0	0	2	0	0
KirecHor1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KirecHor2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KivamHor1	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3
KivamHor2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3
PlastikHor1	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3
PlastikHor2	1	0	0	3	3	2	2	0	0	0	2	3	3
PlastikHor3	3	0	0	2	0	2	2	0	0	0	2	0	0
YapiskanHor1	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2
YapiskanHor2	2	0	0	3	3	2	2	0	0	0	2	3	3
YapiskanHor3	3	0	0	2	0	2	2	0	0	0	2	0	2
PedoGor2Hor2	0	0	0	0	3	3	3	2	0	0	2	3	3
PedoGor2Hor3	3	0	0	0	2	3	3	0	0	0	3	2	2

4.1.7 Farklı sınıflandırma metotları ile hazırlanan toprak haritalarının karşılaştırılması

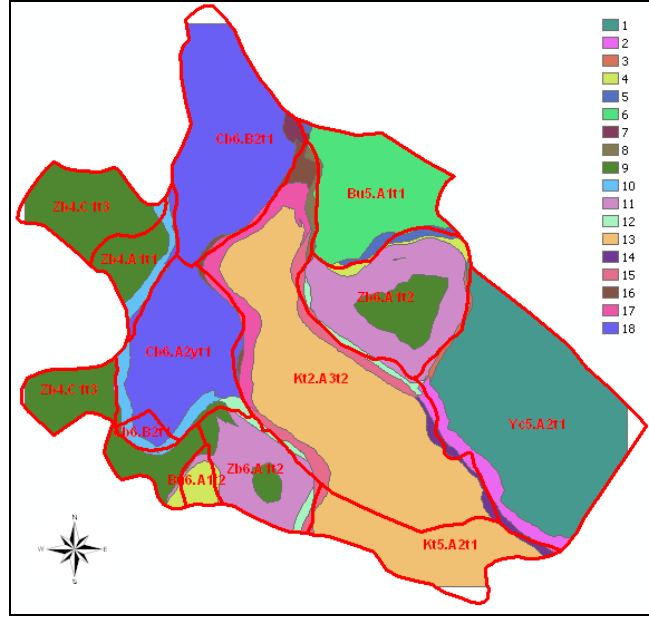
Çalışma alanı toprakları için hazırlanmış olan pedolojik altlığın sınıflandırılmasına yönelik olarak uygulanan yöntemlerin sonuç haritaları aşağıda verilmiştir. Bu haritalarda kırmızı poligon sınırlarıyla gösterilmiş çizgi bazlı ve üzerlerinde seri tanımlamaları da yapılmış olan üstteki katman Sarı vd'nin (2008) geleneksel toprak haritalama sistematığı ile seri+faz düzeyinde hazırlanmış oldukları temel toprak haritası; alt katman ise bu çalışma kapsamında uygulanmış olan farklı sayısal sınıflama yöntemleri (K-Means, TwoStep

Cluster gibi) ile elde edilmiş olan poligon bazlı sonuç toprak haritalarıdır. Bu haritalar, aşağıdaki Şekil 4.97, 4.98 ve 4.99’da gösterilmiştir.

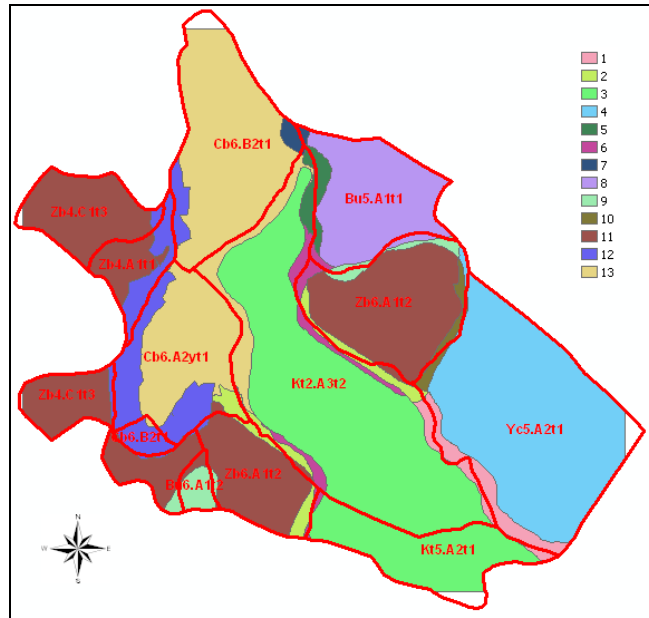
Bu haritalara göre, kontrolsüz sınıflama yöntemleriyle (K-Means, TwoStep Cluster tüm değişkenler ve TwoStep Cluster genetik değişkenler) otomatik olarak sınıflanan altlık haritanın veri tabanlarındaki en büyük problem, farklı genetik özelliklere sahip toprakların kimi konumsallıklarda aynı sınıf altında gösterilmesidir. Yazılımın, sınıflandırma operasyonunu gerçekleştirirken bütün değişkenleri eşit ağırlıklı olarak değerlendirmeye alması ve değişkenlerin toprağın genetik özellik olup olmadığını dikkate almadan, belirli oranda bir benzerliği yakaladığı taktirde poligonları aynı sınıfa koyması bu problemin karşımıza çıkmasının sebebidir. Farklı genetik özelliklere sahip poligonların aynı toprak sınıfı altında gösterilmesi genel haritalama sistematığıne aykırı olduğundan ve farklı genetik özelliklerin mutlaka yeni bir sınıf olarak gösterilmesi zorunluluğundan dolayı söz konusu bu altlıkların ve altlıkların veri tabanlarının, dolayısıyla bu sınıflama yönteminin pedometrik haritalamada kullanılmaları mümkün görülmemektedir.



Şekil 4.97. Kontrolsüz sınıflama (K-Means) (20 sınıflı) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması

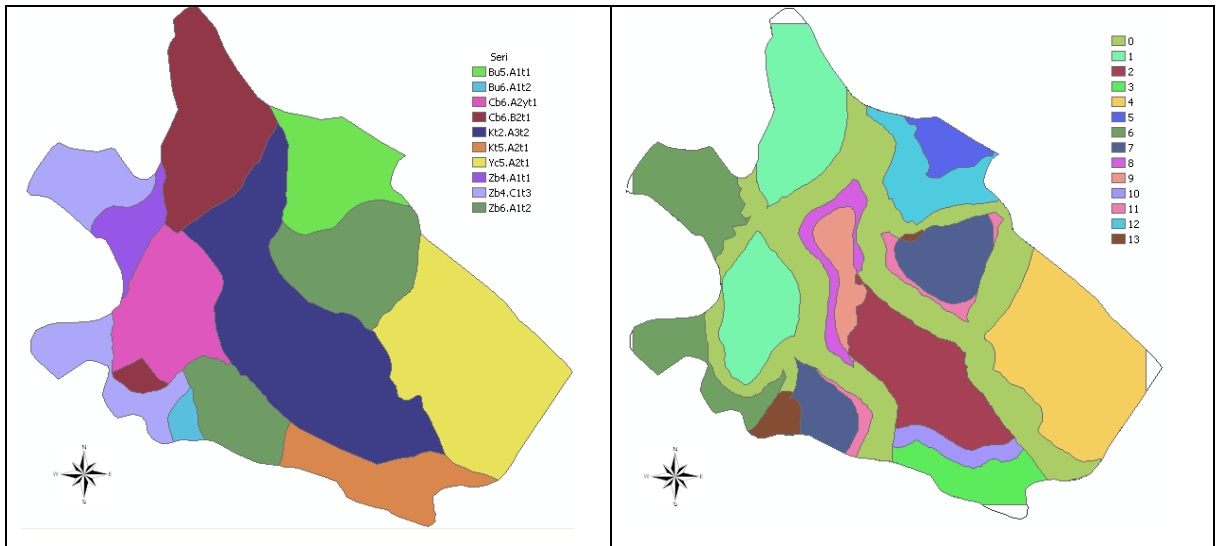


Şekil 4.98. Kontrolsüz sınıflama (TwoStep Cluster, tüm değişkenler) (18 sınıflı) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması



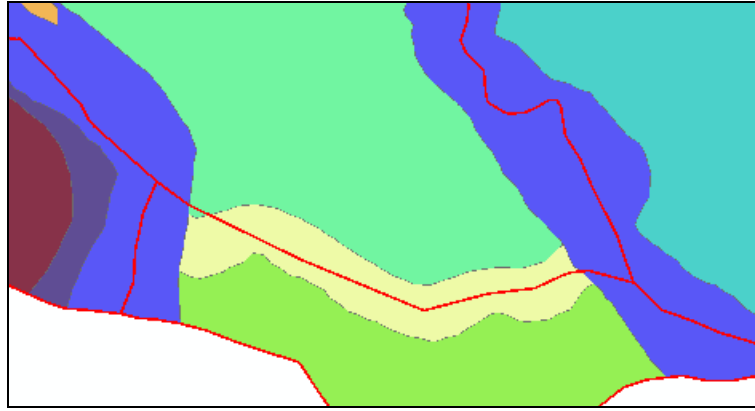
Şekil 4.99. Kontrolsüz sınıflama (TwoStep Cluster, genetik değişkenler) (13 sınıflı) haritası ile geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın karşılaştırılması

belirgin farklılık göstermektedir. Birinci farklılık; kuzeydeki kolüvyal arazide bulunan ve Sarı vd'nin (2008) "Bü5.A1t1" olarak tanımladıkları ve bir bütün olarak gösterdikleri toprak sınıfının, interpolasyon yöntemiyle elde edilen ve SQL sorgu ile sınıflandırılan haritada iki ayrı sınıf (5. ve 12.sınıflar) olarak ayırt edilmiş olmasıdır (Şekil 4.90 ve 4.91. Bu alanların veri tabanına bakıldığında 90+ cm derinlikteki testtür değerlerinin farklılık göstermekte olduğu (Bkz. Çizelge 4.24) ve bu sebeple farklı sınıflarda gösterilmesi gerektiği görülmektedir. İkinci farklılık ise; alüvyal yelpazenin orta zonunun Sarı vd'nin (2008) hazırladığı haritada tek bir sınıf, interpolasyon yöntemiyle elde edilen ve SQL sorgu ile sınıflandırılan haritada ise iki ayrı sınıf (2.ve 9.sınıflar) olarak gösterilmiş olmasıdır (Şekil 4.101). Bu alanların veri tabanına bakıldığında da 90+cm derinlikteki testtür değerlerinin farklılık göstermekte olduğu (Bkz. Çizelge 4.24) ve bu sebeple farklı sınıflarda gösterilmesi gerektiği görülmektedir. Bu yöntem bütününde ortaya çıkan bu farklılıkların her ikisinin de jeogenetiksel özellikler olduğu ve sistem tarafından farklı sınıflar olarak gösterilmesinin doğru olduğu görülmektedir. Sarı vd'nin (2008) geleneksel yöntemle hazırlamış olduğu haritanın hazırlanış yönteminden ileri gelen bu hatanın bir anlamda toprak uzmanının deneyimleriyle sahip olduğu "bilişsel veri tabanının" sayısal bir sistem bütünüyle çalışmamasıdır. Bu noktada pedometrik haritalama sistematığının sahip olduğu bilimsel ve sayısal yaklaşımın modern toprak haritalama için gereken akılcıl çözüm yollarından önemli bir tanesi olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır.

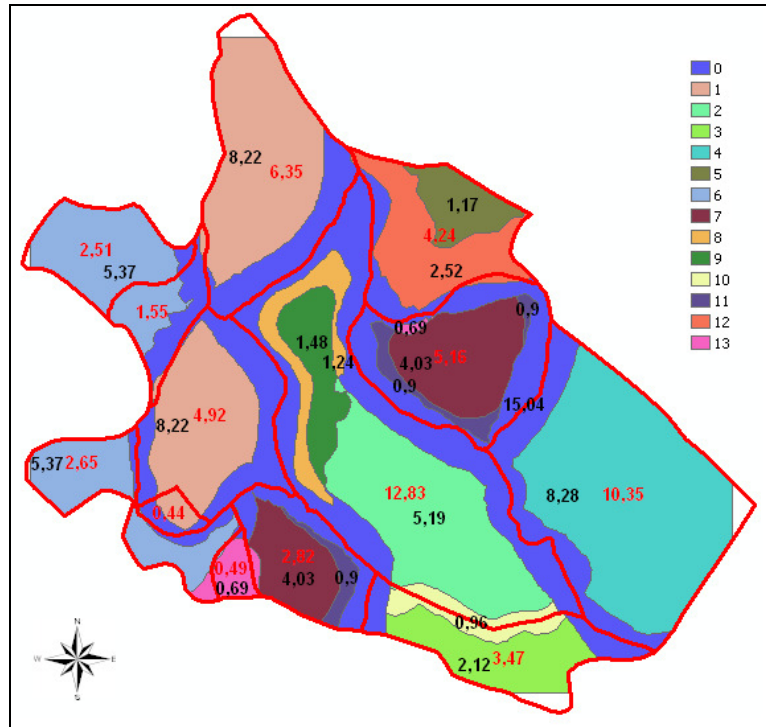


Şekil 4.101. Geleneksel yöntemle hazırlanmış toprak haritası ile SQL sorgulama ile hazırlanan toprak haritasının karşılaştırılması

İnterpolasyon yöntemiyle hazırlanan haritada sınıflar arası geçiş zonları, sayısal değerlerle hesaplanarak bu alanlarda kendiliğinden oluşan tampon bölgeler atanmış gibidir. Geleneksel yöntemle hazırlanan haritanın sınırları, çoğunlukla bu tampon bölgelerin tam ortasından geçmektedir (Şekil 4.102). Bir başka deyişle, toprak uzmanı sınırları çizerken, iki sınırın arasındaki geçişim bölgelerindeki karışık özellikleri olan alanı, kendiliğinden insiyatif kullanarak veya mental yeteneklerinin öngörüsü ile tam ortadan ikiye böler gibi bir yaklaşım içerisindedir. Bir uzmanın, örneğin hava fotoğrafı yorum haritasında aynı alan için (farklı zamanlarda yapacağı yorumlara ya da birbirinden bağımsız çalışan iki farklı uzmanın farklı zamanlarda aynı alan için yapacağı yorumlara dayalı olarak) her defasında geçirecekleri farklı sınır yerleri arasındaki alanlar bir araya toplanacak olur ise muhtemelen bu alan, pedometrik yöntemde ortaya çıkan bu tampon bölgeye karşılık gelecektir. Buna göre, geleneksel yöntemin vazgeçilmezi olan ve hata olasılığı yere, zamana, deneyime, uzmandan uzmana, uzmanın günlük performansına ve günlük mental yapısına bağlı olarak riskleri çoklu olan uzman insiyatifi yerine, sağlıklı ve güvenilir sayısal bir veri tabanı ve güvenilirliği kanıtlanmış sayısal analiz modellerinin kullanıldığı bu çalışmada sistemin oluşturduğu tampon bölge, tam ortadan sınır geçirilmek suretiyle ikiye ayrıldığında, geleneksel yöntem ile belirlenmiş olan orta sınırlardan daha doğru ve güvenilir toprak sınırlarının oluşturulacağı kesindir.



Şekil 4.102. Geçiş horizonlarında oluşan tampon bölgeler ve geleneksel haritanın sınırı



Şekil 4.103. Geleneksel yöntem ile hazırlanmış harita ile SQL sorgu haritasının alansal karşılaştırması

Çizelge 4.25. Geleneksel yöntemle hazırlanmış haritanın alansal dağılımları

Seri	F AREA	ha	%
Yc5.A2t1	103521,5	10,35	17,92
Kt5.A2t1	34691,07	3,47	6,00
Cb6.A2yt1	49239,66	4,92	8,52
Zb4.A1t1	15475,76	1,55	2,68
Zb4.C1t3	25070,01	2,51	4,34
Cb6.B2t1	4393,523	0,44	0,76
Zb6.A1t2	28179,38	2,82	4,88
Bu6.A1t2	4889,926	0,49	0,85
Cb6.B2t1	63493,56	6,35	10,99
Kt2.A3t2	128324,3	12,83	22,21
Zb6.A1t2	51556,64	5,16	8,92
Bu5.A1t1	42411,76	4,24	7,34
Zb4.C1t3	26495,16	2,65	4,59
	577742,2	57,78	100

Geleneksel yöntem ile hazırlanmış harita (kırmızı sınır, kırmızı renkli sayılar) ve serilerin alansal büyüklükleri (Çizelge 4.25) ile SQL sorgu haritasının (siyah renkle gösterilen rakamlar) alansal karşılaştırması, Şekil 4.103'te görülmektedir. Bu alansal büyüklüklerdeki farklılıkların yukarıda sözü edilen tampon bölgelerin kapladıkları alanlardan kaynaklandığı yine Şekil 4.103'ten görülmektedir.

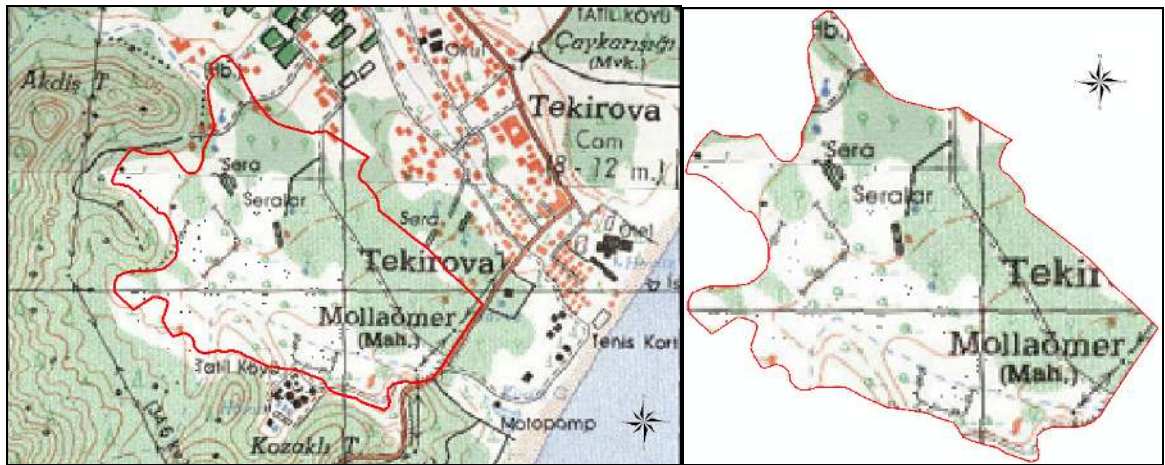
Toprak gibi karmaşık bir yapıya ait arazi koşullarında toplanan noktasal değişkenlerin etki alanları boyunca kapladıkları alanların dağılımının bulunması ve daha sonra elde edilen her bir altlık haritanın yansıttıkları değişkenlerin alansal sınırlarının çakıştırılmasıyla elde edilen elementel toprak haritasının oluşturulmasında kullanılan yöntemler bütünü, pedolojik değişkenlerin analiz edilmesinde başarıyla kullanabildiği netlikle tespit edilmiştir. Söz konusu bu yöntemler bütünü kapsamında kullanılan jeostatistiksel hesaplamalar (semivariyogramlar ve Kriging Interpolasyon) ve SQL sorgulama tekniklerinin toprak özelliklerinin haritalanması ve toprak haritasının hazırlanması kapsamında başarıyla kullanılabildiği görülmüştür. Sonraki bölümlerde bu tez kapsamında önerilen yöntem bütünü gereğince haritalama sistematığıne eklenen coğrafi değişkenler ve diğer yardımcı verilerin, hazırlanan bu pedometrik haritaya ne tür katkılar sağladığı analiz edilmiştir.

4.2 Coğrafi Değişkenlerin Analizi

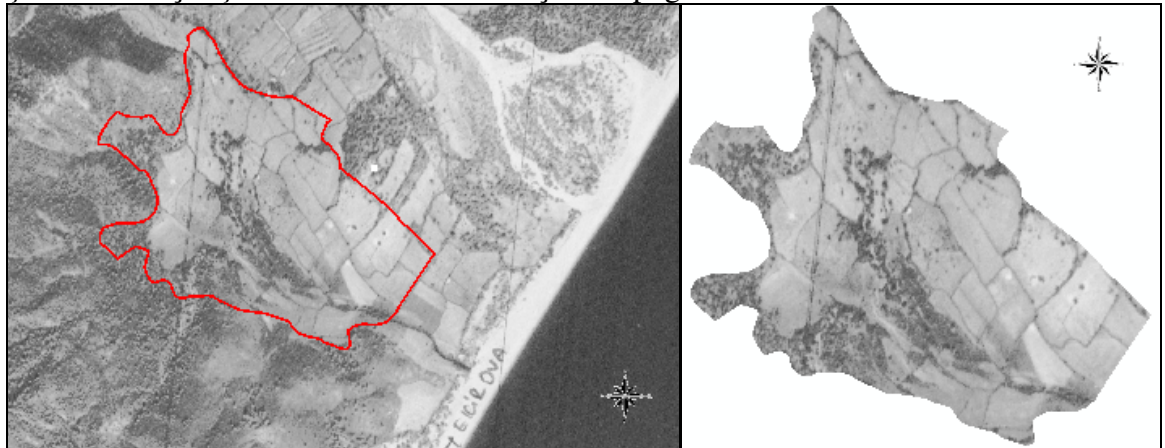
Toprakların sınıflandırılmasında esas alınan iki önemli unsurdan birisi olan “pedolojik değişkenler” diğer bir deyişle “toprak profilinin özellikleri” bir önceki bölümde ayrıntılı olarak analiz edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Toprak sınıflamasının bir diğer vazgeçilmez unsuru olan “coğrafi değişkenler” ise bu bölümde analiz edilmiş, sınıflandırılmış ve pedolojik değişkenlerle olası entegrasyon yaklaşımları araştırılmıştır. Bu hususlara ilişkin olarak yapılmış olan çalışmalar aşağıdaki gibidir.

4.2.1 Altlık haritaların hazırlanması

Başlangıçta temel coğrafi altlıklar olan ve basılı kağıt olarak bulunan “1/25.000 ölçekli askeri topoğrafik harita (Şekil 4.104)” ve “1967 Yılı Siyah-Beyaz Stereoskopik Hava Fotoğrafları (Şekil 4.105)” CBS ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri kullanılarak sayısal ortama alınmışlardır. Topoğrafik haritanın koordinat değerleri, arazi kontrolleri ile elde edilmiş olan belirli noktalara ait koordinat verilerinin girilmesi suretiyle jeoreferanslandırılmış ve hava fotoğrafı da topoğrafik haritaya göre ArcGIS yazılımı kullanılarak rektifiye edilmiştir. Daha sonra, uygun koordinat sistemi atanan 2006 yılı 1m çözünürlüklü IKONOS uydu görüntüsü (Şekil 4.106) de diğer iki altlık kullanılarak rektifiye edilmiştir. Böylece, alan ait coğrafi değişkenlerin analiz edilmesinde kullanılması gereken topoğrafik harita, hava fotoğrafı ve uydu verisi ortak bir koordinat sisteminde üst üste çakıştırılarak (Şekil 4.107) coğrafi analizlerde kullanılabilir olmanın ilk koşulu yerine getirilmiştir.



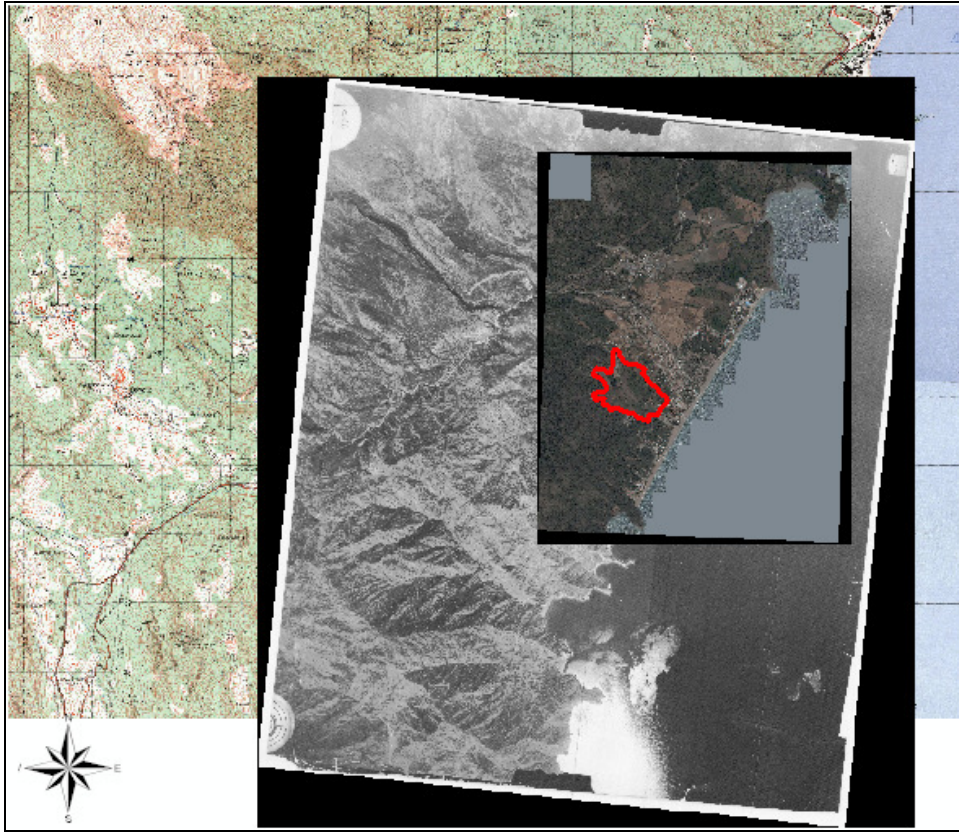
Şekil 4.104. Çalışma alanının 1:25.000 ölçekli topografik haritası



Şekil 4.105. Çalışma alanının 1967 tarihli siyah-beyaz stereoskopik hava fotoğrafı



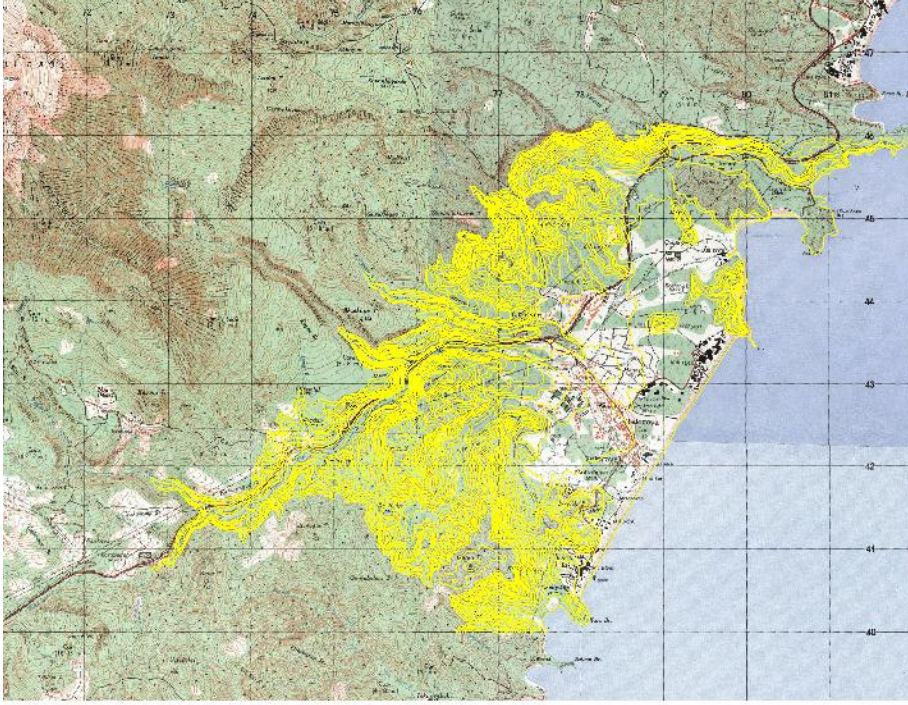
Şekil 4.106. Çalışma alanının 2006 tarihli ve 1 m yer ayırım gücüne sahip IKONOS uydu görüntüsü



Şekil 4.107. Üç temel altlığın Dünya koordinat sisteminde birbiriyle ve çalışma alanına göre uzaysal konumu

4.2.2 Sayısallaştırma

Dünya düzlemine göre koordinatlandırılmış olan 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita (Bkz. Şekil 4.104) kullanılarak 10 metrelik eşyüksekti eğrileri ArcGIS yazılımı kullanılarak el ile sayısallaştırılmıştır. Ortaya çıkan çizgi karakterli ve vektör bazlı sayısal harita (Şekil 4.108) 3 boyutlu modelleme ve diğer coğrafi analizlerde kullanılacak çok önemli bir altlık haline getirilmiştir.

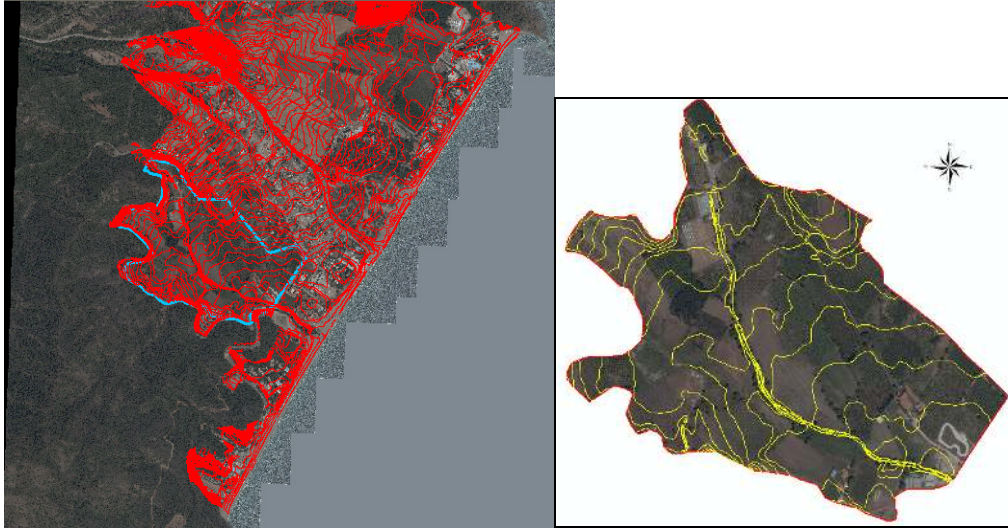


Şekil 4.108. Çalışma alanı ve yakın çevresi 10 m’lik eşyüksekti eğrileri haritası

1/25.000 ölçekli topoğrafik haritadan sayısallaştırılan 10 m’lik eşyüksekti eğrilerinin, büyük çoğunluğu oldukça düz ve düze yakın alüvyal araziden oluşan araştırma alanı için yeterli detayda veriyi sağlayamayacağı anlaşılmıştır. Bu ölçekteki sayısal yükseklik modeli, çalışma alanını etkileyen ve topraklarının oluşumunda önemli rol almış olan yakın çevredeki fluvial kütle hareketlerinin (koluvialleri oluşturmuştur) ve aktif su (akarsu) hareketlerinin (alüvyal yelpazeyi oluşturmuştur) ve ayrıca çevre arazilerin jeolojik yapılarının anlaşılmasında yardımcı veri olarak kullanılabilecek drenaj sistemlerinin anlaşılması bakımından büyük yarar sağlamaktadır. Ancak, yukarıda sözü edilen ve jeomorfolojik yapı bakımından farklılıklar gösteren alanların analiz edilip ayırt edilebilmesi için topoğrafik haritanın eş yüksekli eğrilerinin nitelik ve nicelikleri, bu ayırımı yapmaya izin verecek düzeyde olmalıdır. Bununla birlikte özellikle bu tez çalışmasının amacı kapsamında olan bu tür detaylı toprak haritalama çalışmaları için ve maksimum yüksekliğin 16 m olduğu çalışma alanı içerisinde, 10 m’lik münhani (eşyüksekti) eğrilerine sahip olan 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritadan, gereken detayda bilgi üretebilmesinin mümkün olmadığı anlaşılmıştır. Diğer bir deyişle, pedometrik haritalama çalışmalarında özellikle

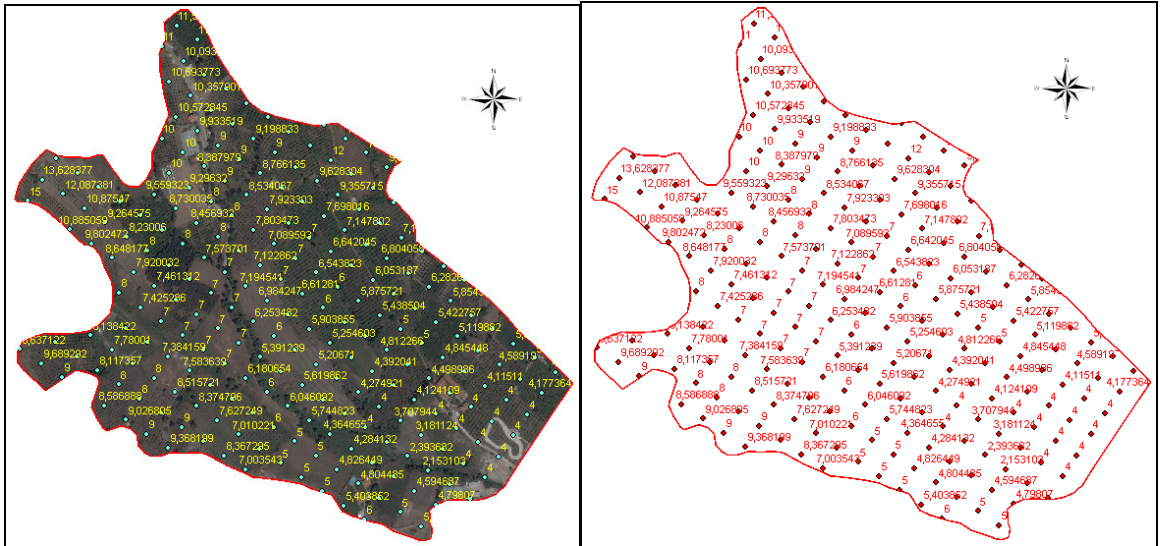
eğimin tek düze ve farklılıkların da az olduğu alanlarda 10 m eşyüksekti eğrilerinin bulunduğu 1/25.000 ölçekli topografik haritaların, coğrafi değişkenlerin analizinde kullanılamayacağı anlaşılmıştır. Zira doğal drenaj sistemlerinin ayırt edilmesinde, günümüzün aktif ve pasif göl sistemlerinin ya da eski göl tabanı ya da özellikle akdeniz çanağındaki ülkelerde sıklıkla görülen karstik yer şekillerinden olan dolin ve kısmen de uvala sistemlerinin ayırt edilmesinde, topoğrafik yükselti basamakları değerlendirmeye alınmaktadır. Bu sebeple bu gibi yer şekillerinin pedometrik sistemle ayırt edilebilmesi için daha detaylı (büyük) bir ölçekte çalışılarak en azından 1 m'lik eşyüksekti eğrilerinin analiz edilmesine olanak sağlayacak bir topografik haritaya gereksinim bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Küçük ölçekli topografik haritaların yukarıda açıklanan dezavantajlarından kurtulmak ve çalışma alanındaki coğrafi değişkenleri ayrıntılı olarak analiz edebilmek amacıyla 1/1.000 ölçekli 64 adet hâlihazır harita, Tekirova Belediyesi'nden temin edilmiş ve sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış olan haritalar, NetCAD yazılımı ortamında birleştirilmek suretiyle tek bir altlık haline getirilmiş ve bu altlık, CBS yazılımı olan ArcGIS ortamına dönüştürülerek yeni bir altlık üretilmiştir. Bu dönüştürme işlemi sonucunda datum ve 3°- 6°'lik harita projeksiyonu farklılıkları sebebiyle ortaya çıkan çeşitli kaymalar da yine ArcGIS yazılımının teknik üstünlükleri kullanılarak giderilmiş ve böylece bu harita, 3 boyutlu modelleme ve diğer coğrafi değişken analizlerinde kullanılabilecek 1 m'lik sayısal eşyüksekti eğrilerine sahip çok önemli bir altlık haline getirilmiştir (Şekil 4.109).



Şekil 4.109. 1/1.000 ölçekli hali-hazır haritalardan entegre edilerek çalışma alanı ve yakın çevresi için hazırlanmış 1m'lik eşyüksekti eğrileri haritası

Arazi çalışması sırasında yüksek hassasiyetli GPS özelliği olan MobilGIS cihazı ile araziden toplanan 234 adet noktanın koordinatlı yükseklik verisi de 3 boyutlu modellemeye veri hassasiyeti sağlamak amacıyla kullanılacak bir noktasal bazlı altlık (Şekil 4.110) haline getirilmiştir.



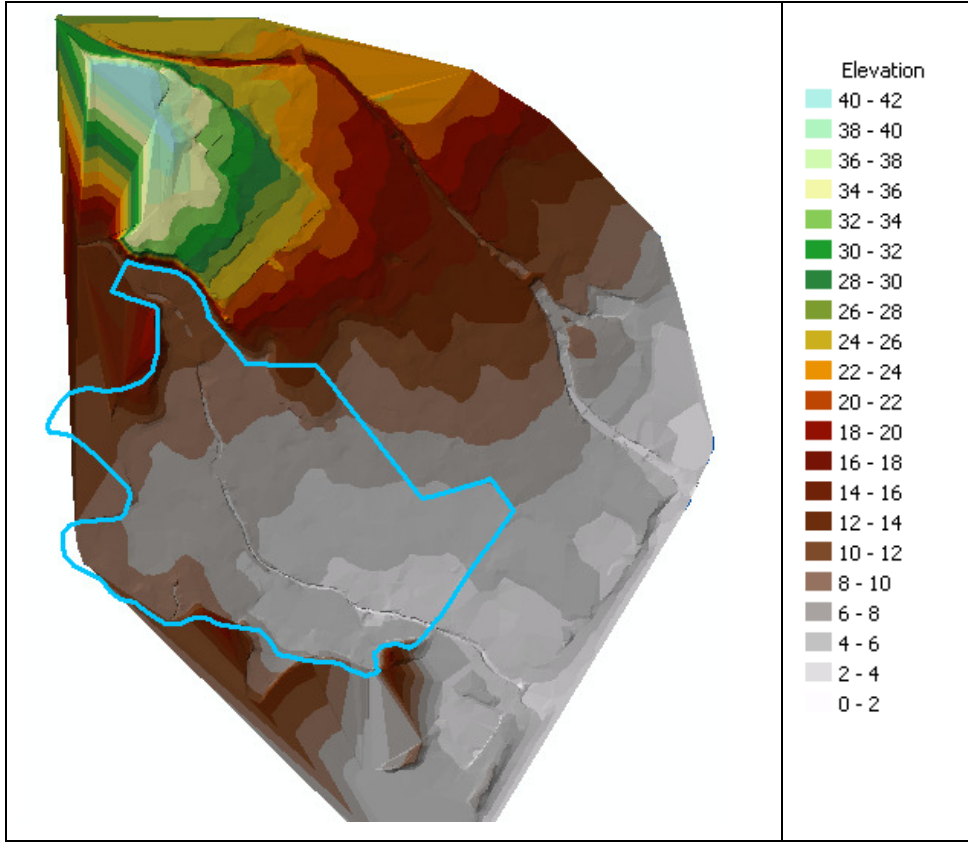
Şekil 4.110. Noktasal yükseklik verileri

4.2.3 3 boyutlu modelleme ve altlık haritalar

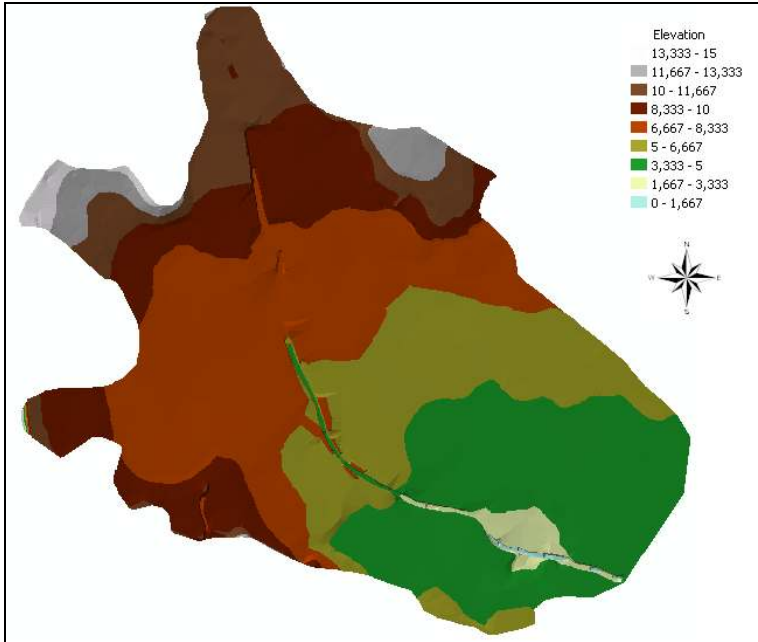
Vektör bazlı çizgisel 10 m'lik eşyüksekti eğrileri altlığı (Bkz. Şekil 4.108) ve 1m'lik eşyüksekti eğrileri altlığı (Bkz. Şekil 4.109) ile noktasal yükseklik verisi (Bkz. Şekil 4.110) altlıklarının yanısıra 2006 yılı IKONOS uydu görüntüsü (Bkz. Şekil 4.106) kullanılarak, çalışma alanı ve çevresi için raster temelli sayısal yükseklik modeli (Digital Elevation Model, DEM) (Şekil 4.111) ve düzensiz üçgenler ağı modeli (Triangulated Irregular Network, TIN) (Şekil 4.112 ve 4.113) ArcGIS yazılımının “3D Analyst” modülü kullanılarak oluşturulmuştur. Bu modeller, çalışma alanı coğrafi yüzey özelliklerinin analizleri için gereken ve arazinin yükseklik özelliklerini de sürekli yüzeyler yaratarak görsel olarak algılamamızı sağlayan 3 boyutlu arazi modelini kullanıcıya sunmaktadır.



Şekil 4.111. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal yükseklik modeli (DEM)



Şekil 4.112. Çalışma alanı ve yakın çevresinin TIN modeli



Şekil 4.113. Çalışma alanının TIN modeli

Çalışma alanı için hazırlanmış olan DEM ve TIN model yüzeyleri ile ArcGIS yazılımının “3D Analyst” ve “Spatial Analyst” modüllerini kullanılarak yükseklik (Elevation) (Şekil 4.114), eğim (Slope) (Şekil 4.117), bakı (Aspect) (Şekil 4.120), profil eğriliği (Profile Curvature) (Şekil 4.123) ve plan eğriliği (Plan Curvature) (Şekil 4.126) analizleri yapılmıştır.

Hazırlanan bu altlıklardan eğim analizi ile arazi yüzeyinin yatayla yaptığı açının yüzdesi; bakı analizi ile arazi yüzey eğiminin hangi yöne baktığı (yüzeyin 0’dan 360’a kadar sıralanan pusula yönleri); profil eğriliği ile eğim yönüne dikey düzlemde paralel eğrilik; plan eğriliği ile yüzey ile yatay düzlemin kesişmesiyle oluşan eşyüksekti eğrilerinin eğriliği anlaşılmaktadır.

Yukarıda genel özellikleri açıklanmış olan DEM ve TIN model yüzeyleri kullanarak yapılmış yüzey analizleri (çalışma alanına ait coğrafi değişkenler), belirlenmiş olan tanımlayıcı sınıf aralıklarına göre yeniden sınıflandırılmıştır. Yeniden sınıflandırma işlemindeki temel amaç, değişkenlerin alandaki dağılımlarını daha sade gösterilmelerini ve amaca yönelik olarak ifade edilmelerini sağlamaktır. Çalışma alanındaki coğrafi değişkenler için yapılan sınıflandırma çalışmalarında aşağıdaki Çizelge 4.26’da verilmiş olan aralıklar (sınır değerler) kullanılmış olup söz konusu bu aralıkların, çalışma alanındaki coğrafi değişkenleri amaca yönelik olarak ve anlamlı bir şekilde tanımlayabileceği kabul edilmiştir.

Yeniden sınıflandırma sonrası hazırlanan piksel bazlı raster altlık haritalar önce yazılımın gerektirdiği şekilde indeksleri oluşturularak poligon modeline dönüştürülmüştür. Daha sonra poligon modeline dönüştürülen haritalar CBS yardımıyla üst üste çakıştırılmış ve yeni veri tabanlı tek bir “Coğrafi değişkenler altlık haritası” elde edilmiştir.

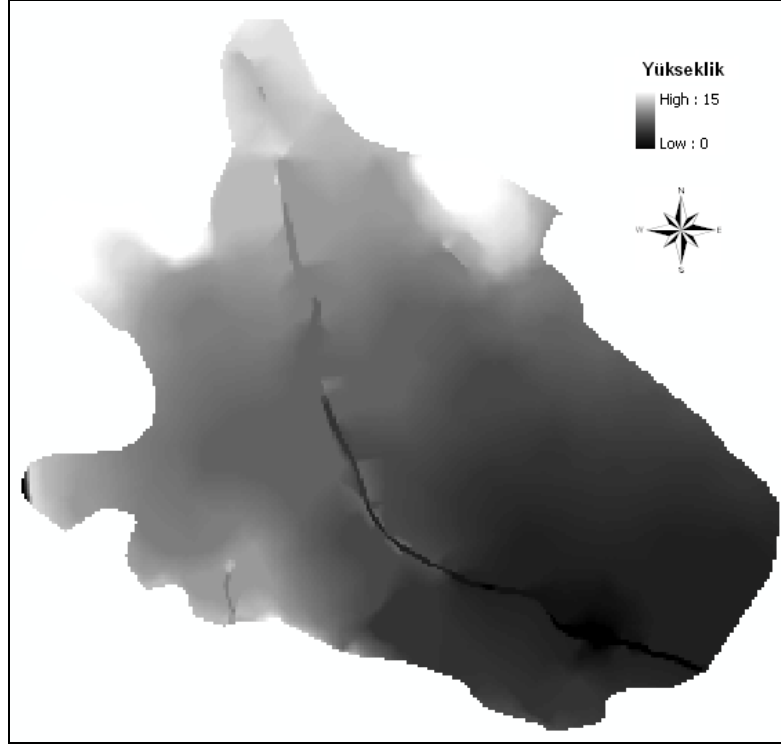
Çizelge 4.26. Araştırma alanı coğrafi değişkenlerinin yeniden sınıflandırma kabulleri

	SINIF	TANIM	ARALIK
EĞİM(%)	1	DÜZ	0 – 2
	2	HAFİF	2 – 4
	3	ORTA	4 – 7
	4	DİK	7 – 11
	5	ÇOK DİK	11- 90,8
BAKİ	1	DÜZ	—1
	2	KUZEY	0 – 22,5
	3	KUZEYDOĞU	22,5 - 67,5
	4	DOĞU	67,5- 112,5
	5	GÜNEYDOĞU	112,5 - 157,5
	6	GÜNEY	157,5 - 202,5
	7	GÜNEYBATI	202,5 - 247,5
	8	BATI	247,5 - 292,5
	9	KUZEYBATI	292,5 - 337,5
	10	KUZEY	337,5 - 360
PROFİL EĞRİLİĞİ	1	YUKARI DOĞRU KONVEKS	-21,49 – 0
	2	DÜZ	0
	3	YUKARI DOĞRU KONKAV	0 – 21,24
PLAN EĞRİLİĞİ	1	DIŞARI DOĞRU KONKAV	-21,94 - 0
	2	DÜZ	0
	3	DIŞARI DOĞRU KONVEKS	0 – 16,26

Yukarıda genel hatlarıyla aktarılmış olan coğrafi değişkenlerin analiz sistematğinde yer alan yükseklik, eğim, bakı, profil ve plan eğriliği analizleri sonucu elde edilen altlık haritalar ile yeniden sınıflandırılmaları sonucu elde edilmiş altlık haritalar ve bu altlıklara ait bulgular aşağıda yer almaktadır.

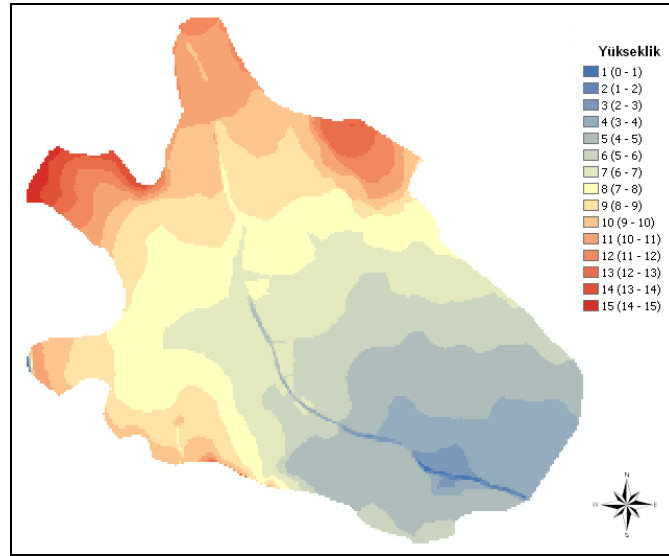
Yükseklik Analizi;

Çalışma alanı için hazırlanmış olan 3 boyutlu modellerden üretilen ilk coğrafi değişken yüksekliktir. Çalışma alanı içerisinde yer alan yükseklik değişimi, 1/1.000 ölçekli halihazır haritadan edinilmiş olan 1'er metrelik eşyüksekti eğrilerinin alansal dağılımları baz alınarak Şekil 4.114'de görüldüğü gibi modellenmiştir.

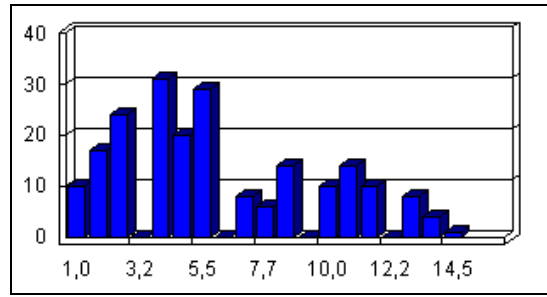


Şekil 4.114. Çalışma alanının yükseklik analizi

Eşyüksekti eğrileri, noktasal yükseklik verileri ve topografya haritası kullanılarak ArcGIS programında hazırlanan 3 boyutlu DEM ve TIN altlıklarından hazırlanan ve sonra değişkenlerin yeniden sınıflandırma kabullerine göre (Bkz. Çizelge 4.26) yeniden sınıflandırılan yükseklik analizinin sonuçlarına göre, çalışma alanındaki eşyüksekti eğrilerinin dağılımı (Şekil 4.115) ve sınıflarının frekansının görüldüğü (Şekil 4.116) altlık haritada 206 adet poligon bulunduğu anlaşılmaktadır. Yükseklik analizi altlık haritasından görülmektedir ki alandaki yükseklik güneydoğudan kuzeybatıya doğru artış göstermektedir. Bu yönelmeyi denizden dağlara doğru şeklinde de ifade etmek mümkündür.



Şekil 4.115. Yükseklik analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası



Şekil 4.116. Yükseklik analizi altlığındaki poligonların frekansı

Eşyüksekti eğrilerinin gerçek (rakamsal) değerinden çok eğrilerin karakteri ve kendi içlerindeki dağılım özellikleri, çalışma alanındaki topografik yapıların ve jeomorfolojik ünite dağılımlarının anlaşılabilmesi için önemli bir ayırıcı kriterdir. Buna göre, eşyüksekti eğrisi kümelerinin (Şekil 4.115'deki her bir rengin kalınlığı) anlamlı değişimi, alandaki jeomorfolojik üniteler ile de yakından ilişkilidir ve bu değişimlerin her birisi farklı bir jeomorfolojik üniteyi tanımlamaktadır. Nitekim yüksek alanlardaki eşyüksekti eğrilerinin sıklığı, yönlenmesi ve şeklinin, taban arazilerdeki eşyüksekti eğrilerinin durumlarından farklı olduğu açıkça görülmektedir. Geniş aralıklar bize alüvyal yelpaze jeomorfolojik

ünitesini, sık aralıklar ise kolüvyal arazileri işaret etmektedir. Bu haliyle söz konusu bu coğrafi değişken için yapılmış olan analizin, alandaki farklı jeomorfolojik ünitelerin ayırt edilmesinde katkı sağlamanın yanısıra farklı toprak çeşitlerinin de ayırt edilmesi için bir fırsat yaratmış bulunmaktadır. Nitekim, geniş ya da kalın eşyükselti alanlar olarak tanımlanmış olan gerek aluviyal yelpaze alanlarının ve gerekse daha sık eşyükselti alanlar olarak tanımlanmış olan kolüvyal arazilerin, yükselti eğrisi şekli ve sıklılığı yönünden kendi içlerinde var olan farklılıkları da farklı topraklara işaret etmektedir.

Yükseklik analizi sonucunda elde edilmiş olan bu altlıktaki eşyükselti eğrilerinin yönlenme durumları incelendiğinde, alüvyal yelpazenin başlangıç (üst) zonu olan bölgedeki ilk yönlenme, bu alandaki eğimin aşağıya doğru azaldığını ve ilk düzlükle karşılaşılan bölgedeki depozitlerin bir geniş “U” ya da yelpaze benzeri bir şekilde birikmiş olduğunu açıkça göstermektedir. Bu türlü bir yönlenmenin, normal şartlarda bütün eşyükselti eğrilerinin ortak bir karakteri olarak en alt zona kadar da devam etmesi gerekirdi. Ancak, söz konusu bu altlıktan, alandaki diğer eşyükselti eğrilerinde ters yönde bir yönlenme olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, bu alanda, eğimin azaldığı yönde aluviyal yelpaze oluşumu kapsamında bir materyal birikiminden çok, (eğer bu altlığın hazırlanmasında emeği geçen harita mühendisinin ölçüm-çizim yanlgısı söz konusu değil ise) coğrafi yapıda eğim yukarı etkide bulunmuş bir başka jeomorfolojik gücün varlığına işaret etmektedir. Diğer bir deyişle, kuzey-kuzeybatıdan gelip bu alanı büyük ölçüde şekillendiren akarsuyun varlığından daha büyük bir jeomorfolojik güç, bu alanı güney-güneydoğu yönünden gelerek eğim yukarı olacak şekilde kuzey-kuzeybatı yönünde şekillendirmiştir. Bu gücün, çalışma alanının hemen güney-güneydoğusunda bulunan Akdeniz’in geçmiş jeolojik devirlerdeki seviye değişikliklerine bağlı olarak ortaya çıkmış olması muhtemel su ve dalga hareketleri olma olasılığı ise dikkatlerden uzak tutulmamalıdır. Bu konu, farklı bir uzmanlık konusu olup araştırılmaya şiddetle muhtaç bir konudur. Bu konunun açıklığa kavuşturulması, jeomorfoloji bilimi açısından önemli yeniliklerin de ortaya çıkarılması anlamına gelecektir. Diğer taraftan, coğrafi değişkenlerin analizi ile ortaya çıkarılmış olan bu husus, aynı zamanda sayısal toprak haritalama tekniklerinin ne denli avantajlar sağladığı

ve arazi koşullarında tespiti kolay olmayan bu ve benzeri konularda büyük kolaylıklar sağladığı bir defa daha ortaya çıkmış bulunmaktadır.

Nitekim, çalışma alanı için yükseklik analizi ile hazırlanmış olan altlıktaki eşyüksekti eğrilerinin tanımladığı poligonların frekansları (Bkz. Şekil 4.116) incelendiğinde, beş farklı poligon yoğunlaşmasının olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma alanında da beş (2 koluvial, 3 aluvial yelpaze) adet toprak serisinin var olduğu dikkate alındığında, yükseklik analizine dayalı frekans dağılımlarının, pedometrik haritalamada kullanılabileceğine işaret etmektedir. Diğer bir deyişle, coğrafi değişken olan “yükseklik” parametresi ile ortak pedometrik değişkenlere sahip olan toprak serileri ve onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin bulunduğu, söz konusu bu analizden açıkça görülmektedir. Bu sonuca göre de en azından pedolojik değişkenler ile yükseklik tanımlayan coğrafi değişken arasında güvenilir bir ilişkinin var olduğunu ve bu ilişkinin sayısal toprak haritalmada kullanılabilecek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

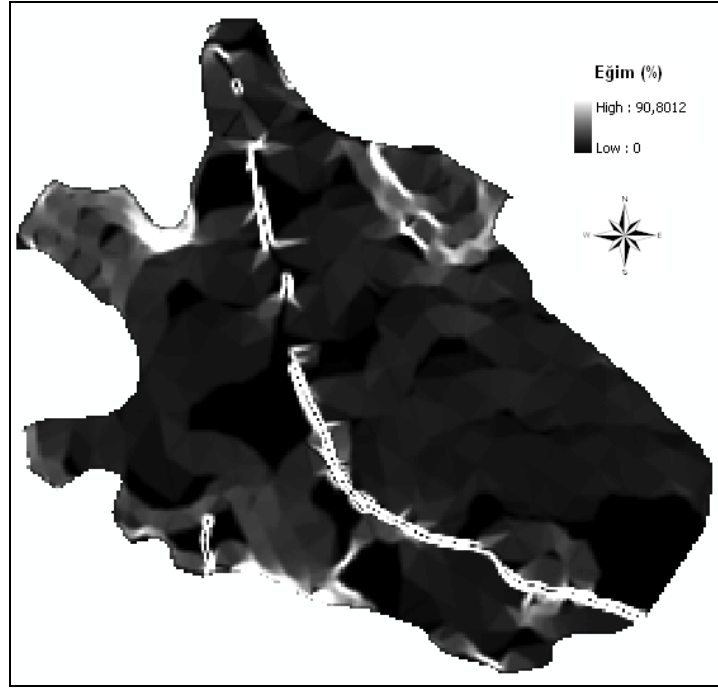
Yükseklik sınıflarının çalışma alanında kapladıkları yüzeylerin alansal ve oransal büyüklükleri Çizelge 4.27’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre alanda yer alan her bir yükseklik kotuna ayrı bir sınıf atanmıştır. Alanda en çok 5 ve 8 metre yükseklik kotunda yayılım görülmektedir ve alanın yaklaşık %32,5’luk bir kısmını kaplamaktadır. Yine bu çizelgeye göre alanın büyük bir kısmı 4’den 9’a kadar sıralanmış olan eğim sınıflarında yer almaktadır ve bu sınıflar, çalışma alanının yaklaşık %70’ini oluşturmaktadır. Çizelge 4.27’den de görüleceği üzere, sayısal toprak haritalama metodolojisi ile klasik haritalama metotları kapsamında elde edilmesi güç olan önemli coğrafi bilgilerin kolayca elde edilmesi de mümkündür.

Çizelge 4.27. Yükseklik sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri

YÜKSEKLİK SINIFLARI	ALAN (m²)	ALAN %
1 (1m kotu)	610,23	0,11
2 (2 m kotu)	1122,82	0,20
3 (3 m kotu)	5694,37	1,00
4 (4 m kotu)	42268,76	7,40
5 (5 m kotu)	92928,40	16,27
6 (6 m kotu)	68297,12	11,96
7 (7 m kotu)	82674,54	14,48
8 (8 m kotu)	92930,46	16,27
9 (9 m kotu)	70143,26	12,28
10 (10 m kotu)	46158,96	8,08
11 (11 m kotu)	34030,58	5,96
12 (12 m kotu)	15865,79	2,78
13 (13 m kotu)	11128,01	1,95
14 (14 m kotu)	4854,89	0,85
15 (15 m kotu)	2436,44	0,43
TOPLAM	571144,63	100

Eğim Analizi;

Diğer bir coğrafi değişken olan arazinin eğim durumunun analizi (Şekil 4.117) ile topoğrafyanın, çalışma alanındaki dağılımı ve dolayısıyla toprağın oluşumuna, derinliğine ve erozyon durumuna yönelik bilgileri üretmek mümkün olabilmektedir.



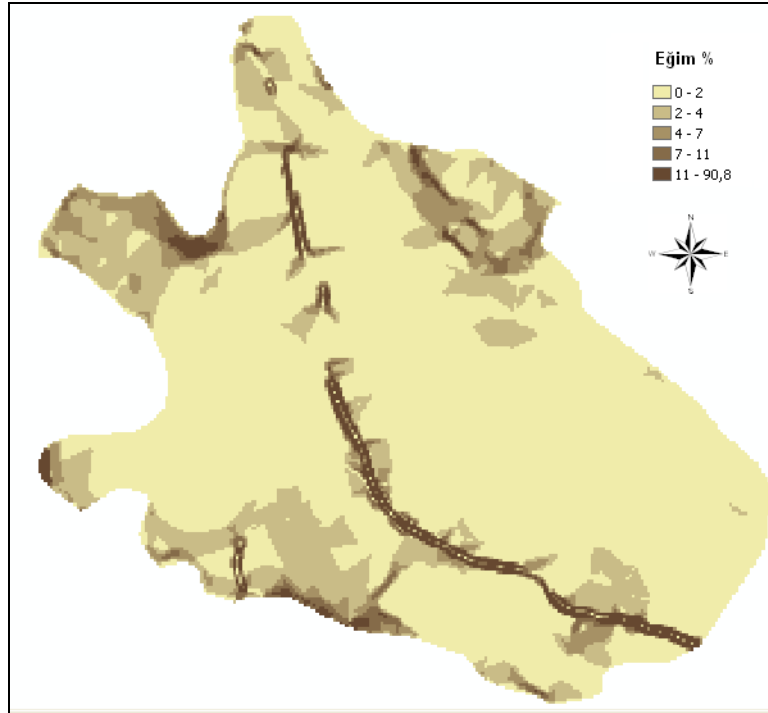
Şekil 4.117. Çalışma alanının eğim analizi (%)

Eşyüksekti eğrileri, noktasal yükseklik verileri ve topografya haritası kullanılarak ArcGIS programında hazırlanan 3 boyutlu DEM ve TIN altlıklarından hazırlanan ve sonra değişkenlerin yeniden sınıflandırma kabullerine göre (Bkz. Çizelge 4.26) yeniden sınıflandırılan eğim analizinin sonuçlarına göre, çalışma alanındaki eğim yüzdesi dağılımı ve sınıflarının frekansı Şekil 4.118 ve 4.119’da görülen altlık haritada 948 adet poligon bulunmaktadır. Eğim analizi altlık haritasından görülmektedir ki, alüvyal yelpaze toprakları az eğimli düz alanlarda (1 numaralı eğim sınıfı) yer almakta iken, kolüvyal topraklar alüvyal yelpazeye göre daha yüksek eğimli arazilerde (2 numaralı eğim sınıfı) yer almaktadırlar.

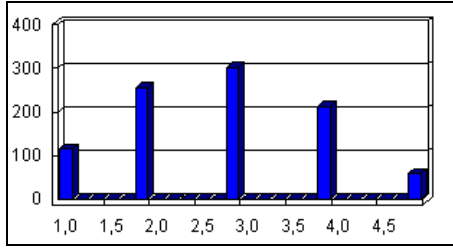
Çalışma alanını güneydoğudan kuzeybatıya doğru boylu boyunca geçen ve araziye neredeyse iki eşit parçaya bölen derenin aşınımına yarattığı derinlik izi (eşyüksekti eğrilerinin sıklığı ile oluşan şev görünümü), bu altlık haritada yüksek bir eğim yüzdesi ile ayırt edilmektedir. Ortaya çıkan bu durum, hemen hemen bütün jeomorfolojik ve coğrafi

oluşumların, araştırmacıların elinde hava fotoğrafı ya da uydu görüntüsü gibi görsel veriler olmasa bile arazinin yükseklik ve eğim verilerinin sayısal değerlerinin yorumlanması ile ayırd edilebileceğini göstermektedir.

Ayrıca, TIN ve DEM analizi için kullanılan yükseklik verisi, çalışma alan sınırına göre batıdaki ve güneybatıdaki yüksek arazilere gelindiğinde kesildiği için, sanki bu bölgelerde de şev oluşumu varmış gibi algılanabilen çok yüksek (4 ve 5 eğim sınıfı) eğim yüzdelerinde görülen arazilerin olduğu da yine bu altlık haritadan görülmektedir. Bir problem yaratmayan bu durumun tespit ve ifade edilmesi söz konusu bu durumla diğer çalışmalarda da karşılaşılabileceğinden önem arz etmektedir.



Şekil 4.118. Eğim analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası



Şekil 4.119. Eğim analizi altlığındaki poligonların frekansı

Eğim sınıflarının çalışma alanında kapladıkları yüzeylerin büyüklüğü Çizelge 4.28’de görülmektedir. Alanın %72,14’lük en büyük kısmı %0–2 eğime sahipken, ikinci sırada alanın yaklaşık %17’sini kaplayan %2–4 eğimin gelmekte olduğu bu çizelgeden görülmektedir. Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin topraklarının tamamına yakını %0-2’lik eğim üzerinde bulunurken, kolüvyal toprakların büyük bir çoğunluğu da %4–7 eğimde dağılım gösterdiği görülmektedir.

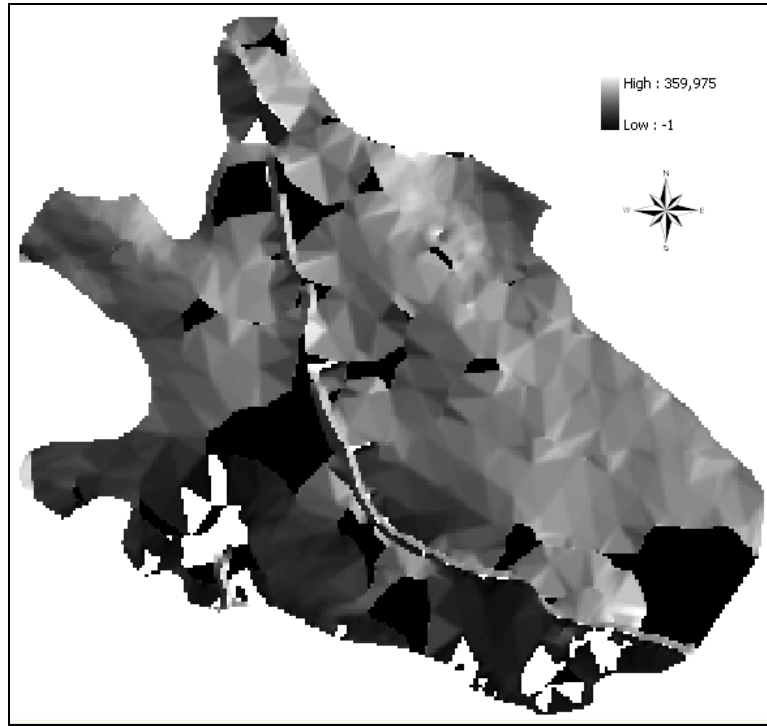
Sonuç olarak diğer bir coğrafi değişken olan eğim parametresi ile ortak pedometrik değişkenlere sahip olan toprak serileri ve onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin bulunduğu, söz konusu bu analizden açıkça görülmektedir. Bu sonuca göre de en azından pedolojik değişkenler ile eğim sınıflarını tanımlayan coğrafi değişken arasında güvenilir bir ilişkinin var olduğunu ve bu ilişkinin sayısal toprak haritalamada kullanılabilecek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 4.28. Eğim sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri

EĞİM SINIFI	ALAN (m ²)	ALAN %
1 (% 0–2)	412039,60	72,14
2 (% 2–4)	97069,00	16,99
3 (% 4–7)	32580,09	5,70
4 (% 7–11)	14003,84	2,45
5 (% 11–90)	15482,21	2,71
TOPLAM	571174,74	100

Bakı Analizi;

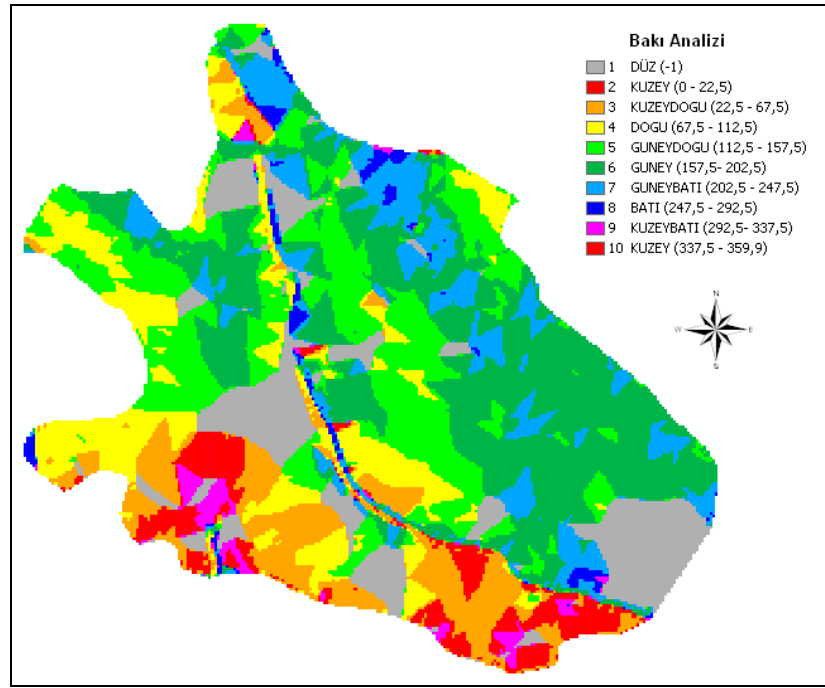
Arazinin eğiminin baktığı yön olarak tanımlanabilecek bakı coğrafi değişkeni analizi (Şekil 4.120) ile toprak sıcaklığı, evapotranspirasyon ve aldığı rüzgâr hakkında bilgi edinilebilir.



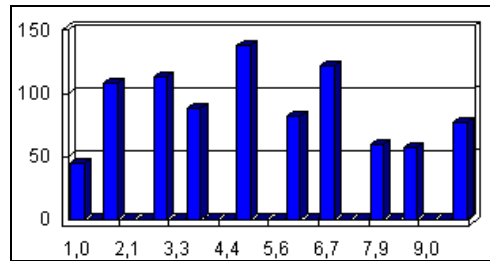
Şekil 4.120. Çalışma alanı bakı analizi.

Üç boyutlu DEM ve TIN model yüzeylerinden hazırlanan ve sonra değişkenlerin yeniden sınıflandırma kabullerine göre (Bkz. Çizelge 4.26) yeniden sınıflandırılan bakı analizinin yeniden sınıflandırma sonuçlarına göre, çalışma alanındaki eğim yönü (bakı) dağılımı ve sınıflarının frekansı Şekil 4.121 ve 4.122’de verilmiş olan altlık haritada 888 adet poligon bulunmaktadır. Bakı analizi, arazide yer alan eğim gruplarının baktığı yönü gösterdiğinden, arazideki en ufak bir eğim değişimi, arazinin iç bükey ve dış bükey oluşu ile çeşitlilik

göstereceğinden arazi yüzeyindeki dağılımı heterojendir. Bu heterojen yapı dinamiğine rağmen, çalışma alanında eğimin baktığı yönler olarak kendiliğinden kümelenmiş yönelimler altlık haritadan netlikle ayırt edilebilmektedir. Bu duruma örnek olarak, gri renkle gösterilmiş düz yüzeyler (1 numaralı sınıf); çalışma alanında güneydoğudan kuzeybatıya doğru ilerleyen güneye bakan (koyu yeşil alanlar, 6 numaralı sınıf) araziler; batıda yüksek eğimli arazide yer alan ve doğuya yönelim gösteren (sarı renkli alanlar, 4 numaralı sınıf) topraklar gösterilebilir.



Şekil 4.121. Bakı analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası



Şekil 4.122. Eğim yönü (bakı) analizi altlığındaki poligonların frekansı

Eğim yönü sınıflarının çalışma alanında kapladıkları yüzeylerin büyüklüğü Çizelge 4.29’da görülmektedir. Bu çizelgeye göre alanda baskın olan eğim yönü, %26,64’lük bir oranla güneye yönelmiş eğim yüzeyleridir. İkinci sırayı alandaki toprakların % 20’lik bir kısmının yöneldiği güneydoğu, üçüncü sırayı da düz alanlar (%12,5) almaktadır.

Çizelge 4.29. Eğim yönü (bakı) sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri

BAKİ SINIFI	ALAN (m²)	ALAN %
1 (DÜZ)	71564,65	12,53
2 (KUZEY)	31370,24	5,50
3 (KUZEYDOĞU)	58966,70	10,33
4 (DOĞU)	69634,28	12,20
5 (GÜNEYDOĞU)	110813,37	19,41
6 (GÜNEY)	152100,83	26,64
7 (GÜNEYBATI)	58071,30	10,17
8 (BATI)	9009,10	1,58
9 (KUZEYBATI)	9466,51	1,66
TOPLAM	570996,98	100

Alüvyal yelpaze toprakları ile kolüvyal arazilerdeki toprakları ayırt edebilecek bir yönelim araştırıldığında görülmektedir ki alandaki baskın eğim yönelimi güney olduğuna göre özellikle bu eğim yönüne dik olan eğim yöneyleri (doğu ve batı yönelimler) koluviyalleri, eğim yönelimine paralel (güney) ve hem de düşük kotlarda (1 numaralı bakı ve eğim sınıfı) yer alan alanlar da aluviyalleri göstermektedir. Eğim yüzdesi yüksek toprakların (2 nolu eğim sınıfı) alansal olarak en çok doğuya (4 nolu bakı sınıfı) yönelim göstermekte olduğu Çizelge 4.30’dan, bu alanların da harita üzerinde (Şekil 4.121) kolüvyal alanlara tekabül etmekte olduğundan söz konusu bu durumun bu altlıklar ile netlikle ayırt edilebilmekte ve doğrulanabilmekte olduğu görülmektedir. Benzer şekilde eğim yönüne paralel (6 numaralı sınıf, güney yönelim) ve düz olan (1 numaralı sınıf) bakı sınıflarının tamamına yakınının düşük eğim yüzdelerinde bulunan alanlar olduğu, bu alanların da alüvyal yelpaze arazileri olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.30. Eğim sınıfları ve eğim yönlerinin birbirlerine göre alansal dağılımları (%)

BAKİ \	1 (%0-2)	2 (%2-4)	3 (%4-7)	4 (%7-11)	5 (%11-90)	Toplam
1 (DÜZ)	99,95%	0,02%	0,03%	0,01%	0,00%	100%
2 (K)	59,04%	23,32%	7,85%	3,08%	6,71%	100%
3 (KD)	54,92%	28,04%	6,99%	5,39%	4,67%	100%
4 (D)	55,27%	30,16%	8,90%	2,64%	3,04%	100%
5 (GD)	78,16%	15,49%	4,43%	1,57%	0,35%	100%
6 (G)	80,32%	12,00%	4,45%	1,16%	2,06%	100%
7 (GB)	58,84%	21,17%	10,29%	5,29%	4,40%	100%
8 (B)	29,22%	22,21%	13,60%	10,42%	24,55%	100%
9 (KB)	56,55%	26,27%	9,29%	5,52%	2,37%	100%
Toplam	72,14%	16,99%	5,70%	2,46%	2,71%	100%

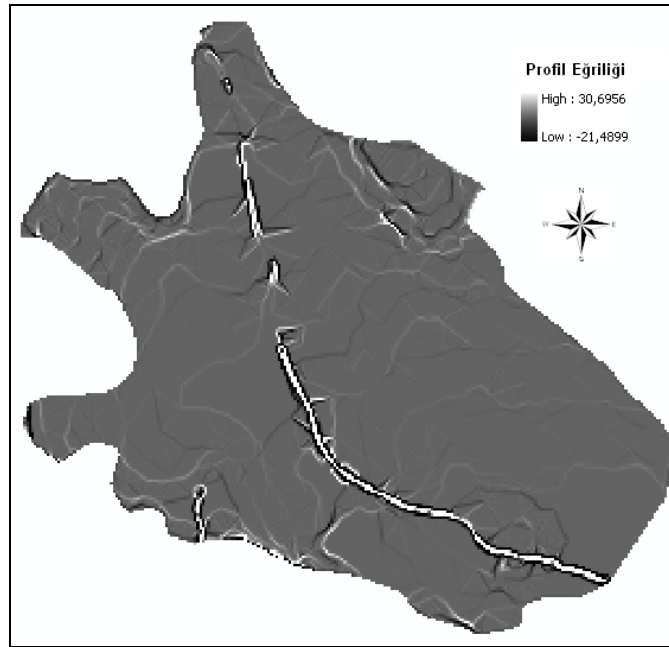
Eğim yüzdesi yüksek alanların (3, 4, 5 eğim sınıfları) batıya yönelmiş olmasının sebebi, analiz için kullanılan yükseklik verisinin çalışma alan sınırına göre kesilmiş olmasıdır. Batıdaki ve güneybatıdaki yüksek dağlara gelindiğinde aniden kesilen yükseklik, bu alanlarda hem çok yüksek eğim hem de batıya yönelim şeklinde kendini göstermiştir. Bir problem yaratmayan bu durumun tespit ve ifade edilmesi, söz konusu bu durumla diğer çalışmalarda da karşılaşılabileceğinden önem arz etmektedir. Düz alanlarda (1 numaralı eğim sınıfı) en çok düz yüzeyler (1 nolu bakı sınıfı) ve güneye bakan eğim yüzeyleri (6 numaralı bakı sınıfı) tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.30).

Diğer bir coğrafi değişken olan eğim yönü parametresi ile ortak pedometrik değişkenlere sahip olan toprak serilerinden çok onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin bulunduğu, söz konusu bu analizden açıkça görülmektedir. Bu sonuca göre de en azından jeomorfolojik üniteler ile eğim yönünü tanımlayan söz konusu bu coğrafi değişken arasında bir ilişkinin var olduğunu ve bu ilişkinin sayısal toprak haritalamada kullanılabilecek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, eğim yönü ile eğim yüzdesi coğrafi değişkenleri arasında da oldukça kuvvetli bir ilişkinin varlığı bu analizler ile tespit edilmiştir.

Profil Eğriliği Analizi;

Arazi yüzeyinin eğrilik analizleri, jeomorfolojik arazi parametrelerindendir ve arazinin birikim ve çöküntü potansiyelleri hakkında bize bilgi verir.

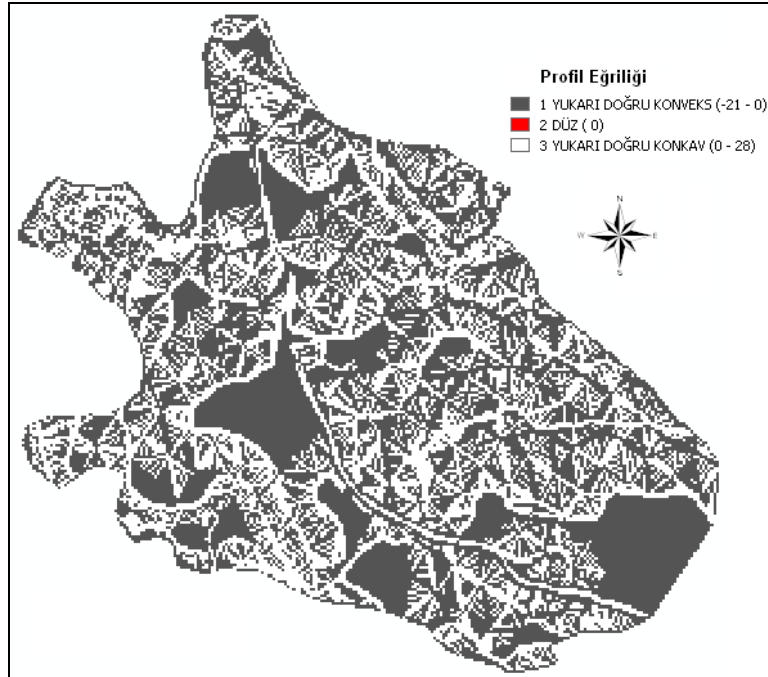
Profil eğriliği analizi (Şekil 4.123) ile eğimin değişim oranını, yüzeyden drene edilen suyun akış hızını, erozyonu ve sedimanların alt topoğrafyalara doğru olan hareketlerinin tanımlanmasında kullanmak mümkündür. Profil eğriliğinde (dikey eğiklik); eğrilik negatif ise yüzey yukarıya doğru konveks (dış bükey); pozitif ise yukarıya doğru konkavdır (iç bükey). Eğriliğin değeri sıfır ise yüzey düzdür.



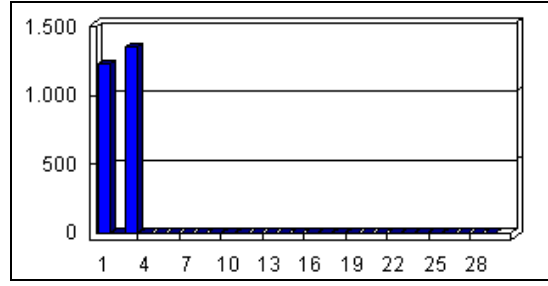
Şekil 4.123. Çalışma alanının profil (dikey) eğriliği analizi.

Eşyüksekti eğrileri, noktasal yükseklik verileri ve topografya haritası kullanılarak ArcGIS programında hazırlanan 3 boyutlu DEM ve TIN altlıklarından hazırlanan ve sonra değişkenlerin yeniden sınıflandırma kabullerine göre (Bkz. Çizelge 4.26) yeniden

sınıflandırılan profil eğriliği analizinin sonuçlarına göre, çalışma alanındaki profil eğriliği dağılımı ve sınıflarının frekansı Şekil 4.124 ve 4.125’de görülen altlık haritada alansal büyüklükleri çok küçük olan 2585 adet poligon bulunmaktadır. Bu altlıktaki yukarı doğru dış bükey alanları (1 numaralı sınıf, gri alanlar) aşınım alanları, yukarı doğru konkav alanları (3 numaralı sınıf, beyaz alanlar) da depolanma alanları olarak ifade edebiliriz. Bu altlık ile eğim ve yükseklik verilerine dayanarak alandaki derinliğine eğriliğin dış bükey (konveks) mi iç bükey (konkav) mi ayırımı yapılmakta olup, Çizelge 4.31’den alanın %58,16’sı aşınım alanlarından, % 41,83’ü de depolanma alanlarından oluştuğunu görmekteyiz. Kolüvyal alanlarda büyük bir oranda depolanma alanları (sınıf 3) görülürken, büyük gri aşınım bölgeleri genellikle alüvyal yelpazede yer almaktadır. Söz konusu büyük gri alanlarda drenajla ilgili problemler araştırılmalıdır. Bu alanlar bize eski göl tabanı olan bölgeleri de işaret edebilir.



Şekil 4.124. Profil eğriliği analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası



Şekil 4.125. Profil eğriliği analizi altlığındaki poligonların frekansı

Çizelge 4.31. Profil eğriliği sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri

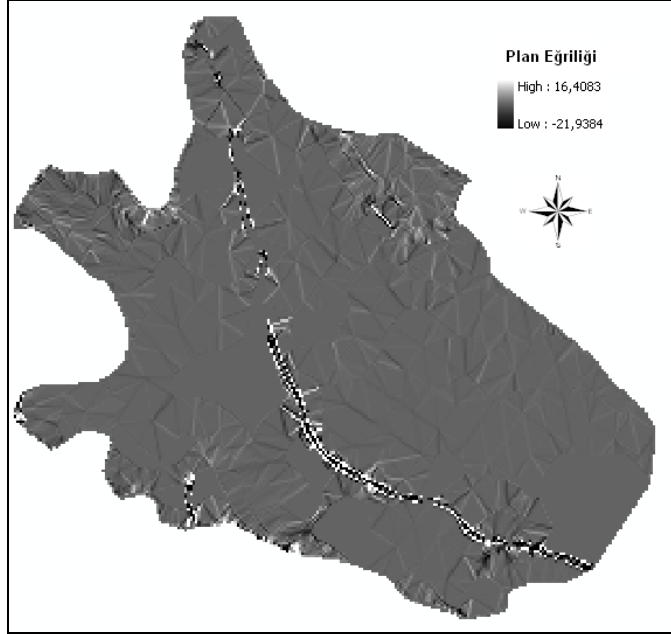
PROFİL EĞRİLİĞİ SINIFI	ALAN (m ²)	ALAN %
1 (YUKARI DOĞRU DIŞ BÜKEY)	332115,35	58,16
2 (DÜZ)	36,47	0,01
3 (YUKARI DOĞRU İÇ BÜKEY)	238876,95	41,83
TOPLAM	571028,77	100

Profil eğriliği coğrafi değişkeninin analizi ile ortak pedometrik değişkenlere sahip olan toprak serileri ve onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında bir ilişkinin bulunduğunu söylemek oldukça zordur. Bu sonuca göre söz konusu bu coğrafi değişkenin karmaşık bir yapıda bulunduğu bu çalışma alanı için sayısal toprak haritalamada kullanılabilecek düzeyde olmadığını söylemek mümkündür.

Plan Eğriliği Analizi;

Eşyüksekti eğriliği olarak da adlandırılan plan eğriliği analizi (Şekil 4.126) ile yüksek alanlardan aşağıya akan suyun yayılma veya açılması ile kapanma veya kümelenmesini tanımlamak mümkündür. Eşyüksektelerin eğriliği, yüksek arazilerden aşağılara doğru fluvial etkilerle (suyla) oluşan materyal taşınımının kısa ya da uzak mesafelere kadar taşınıp taşımadığını da etkilemektedir. Pozitif plan eğriliği (eşyüksekti eğriliği), yüzey dışarı

doğru konveks (dışa kavisli-dış bükey); negatif ise yüzey dışarı doğru konkav (iç bükey-oyuk) olduğunu gösterir. Eğrilik değeri sıfır ise yüzey düzdür.

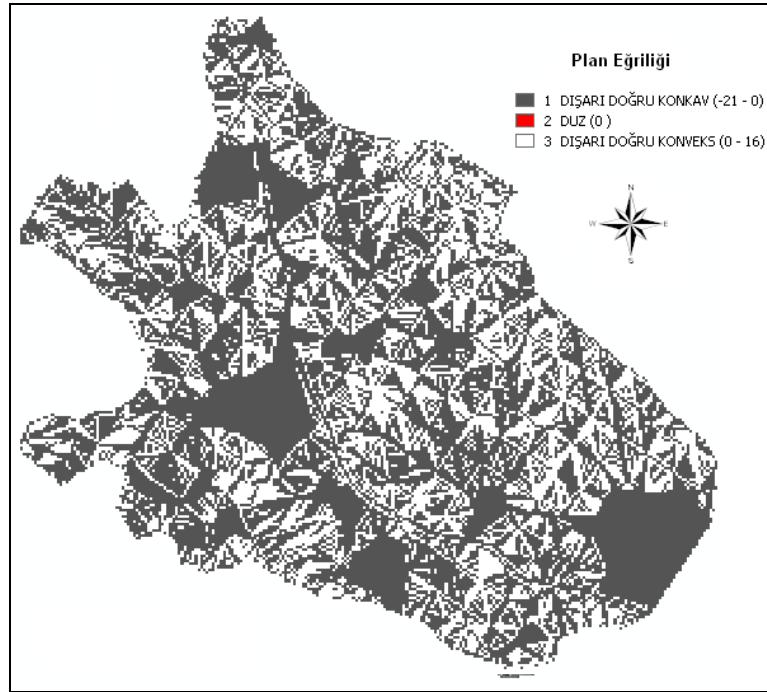


Şekil 4.126. Çalışma alanının plan (eşyüksekti) eğriliği analizi.

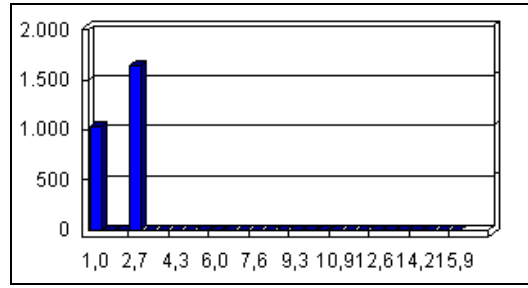
Üç boyutlu DEM ve TIN altlıklarından hazırlanan ve sonra değişkenlerin yeniden sınıflandırma kabullerine göre (Bkz. Çizelge 4.26) yeniden sınıflandırılan plan eğriliği analizinin sonuçlarına göre, çalışma alanındaki plan eğriliği dağılımı ve sınıflarının frekansı Şekil 4.127 ve 4.128’de görülen altlık haritada alansal büyüklükleri çok küçük olan 2686 adet poligon bulunmaktadır. Bu araştırma kapsamında yapılmış olan plan eğriliği analizi sonuçlarına göre; dış bükey plan eğriliği (3 numaralı sınıf; beyaz alanlar), aktif jeomorfolojik gücün akış-etki ediş başlangıcından sonuna doğru olan coğrafi değişikliği ifade ederken, iç bükey plan eğriliği (1 numaralı sınıf; gri alanlar), bir önceki jeomorfolojik gücün etki altına alamadığı coğrafi alanı ya da bir başka jeomorfolojik gücün etki alanını ifade etmektedir. Pedolojik analizlerde de sıklıkla karşılaşılan ve litolojik kesilme veya aykırı horizonların varlığına sebep olan bu alandaki karmaşık jeomorfolojik ve jeogenetik

yapı ve bu yapıları şekillendiren güçler bu altlıkta görülen karmaşık dağılımı da açıklamaktadır.

Çizelge 4.32’den görüleceği üzere, alanın %61,66’lık büyük kısmı dışarı doğru iç bükey eşyükselti eğrilerinden, % 38,33’lük bir kısmı da dışarı doğru dış bükey eşyükselti eğrilerinden oluşmaktadır. Bu altlık genellikle yüksek arazilerden aşağıya akan suyun izlenebilmesinde kullanıldığından büyük oranda düz-düze yakın eğimli olan çalışma alanında yorumu güç olmaktadır. Çalışma alanı içerisinde yalnızca kuzeybatıya tekabül eden kolüvyal alan içerisinde yüksekten aşağıya doğru akan suyun izi ayırt edilebilmektedir. O alanın bitiminde yer alan ve profil eğriliği analizinde de depolanma bölgesi olarak görülen küçük gri alandaki birikime, bu altlıkta tespit edilen su akışının getirdiği materyallerin sebep olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.127. Plan eğriliği analizinin yeniden sınıflandırılmış sonuç altlık haritası



Şekil 4.128. Plan eğriliği analizi altlığındaki poligonların frekansı

Çizelge 4.32. Plan eğriliği sınıflarının çalışma alanında kapladıkları alan yüzeyleri

PLAN EĞRİLİĞİ SINIFI	ALAN (m ²)	ALAN %
1 (DIŞARI DOĞRU KONKAV)	352246,62	61,66
2 (DÜZ)	36,47	0,01
3 (DIŞARI DOĞRU KONVEKS)	218963,72	38,33
TOPLAM	571246,81	100

Plan eğriliği coğrafi değişkeninin analizi ile ortak pedometrik değişkenlere sahip olan toprak serileri ve onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında bir ilişkinin bulunduğunu söylemek oldukça zordur. Bu sonuca göre söz konusu bu coğrafi değişkenin karmaşık bir yapıda bulunduğu bu çalışma alanı için sayısal toprak haritalamada kullanılabilecek düzeyde olmadığını söylemek mümkündür.

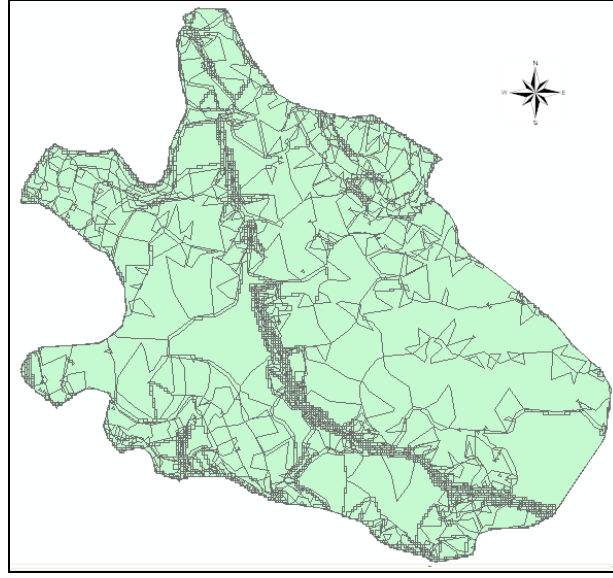
Coğrafi altlıkların çakıştırılması

Bir önceki bölümde hazırlanışı anlatılan ve alandaki dağılımları yorumlanan 5 adet coğrafi altlık harita (Eğim, Yükseklik, Bakı, Plan Eğriliği, Profil Eğriliği) coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla üst üste çakıştırılmıştır (Şekil 4.129). Bu çakıştırma sonucunda alansal büyüklüklerinin ortalaması 30 m² olan 19342 adet yeni poligon meydana gelmiştir. Bu poligonlar, farklı coğrafi özelliklerin birlikteliklerinden oluşan kombinasyonlara sahiptirler. Poligon sayısının bu denli çok ve alansal ortalamasının da bu kadar düşük oluşunun sebebi, alandaki dağılımı oldukça değişken olan ve neredeyse piksel bazında

değişiklik gösteren altlıklar olan plan ve profil dağılımının bu çakıştırmada yarattığı karmaşadır. Söz konusu bu coğrafi değişkenlerin yaratmış olduğu karmaşanın CBS teknikleri veya sınıflandırma yazılımları kullanılarak sadeleştirilmesi de mümkün olamamıştır. Bu nedenle, arazi üzerindeki dağılımları daha stabil olan üç altlık (yükseklik, eğim, bakı) yorumlamayı kolaylaştırmak için ayrıca çakıştırılmıştır (Şekil 4.130). Bu çakıştırma sonucunda ise poligon sayısı neredeyse beş kat sadeleşerek 4289'a düşmüştür.



Şekil 4.129. Tüm coğrafi altlıkların (Eğim,Yükseklik, Bakı,Plan Eğriliği, Profil Eğriliği) çakıştırılması

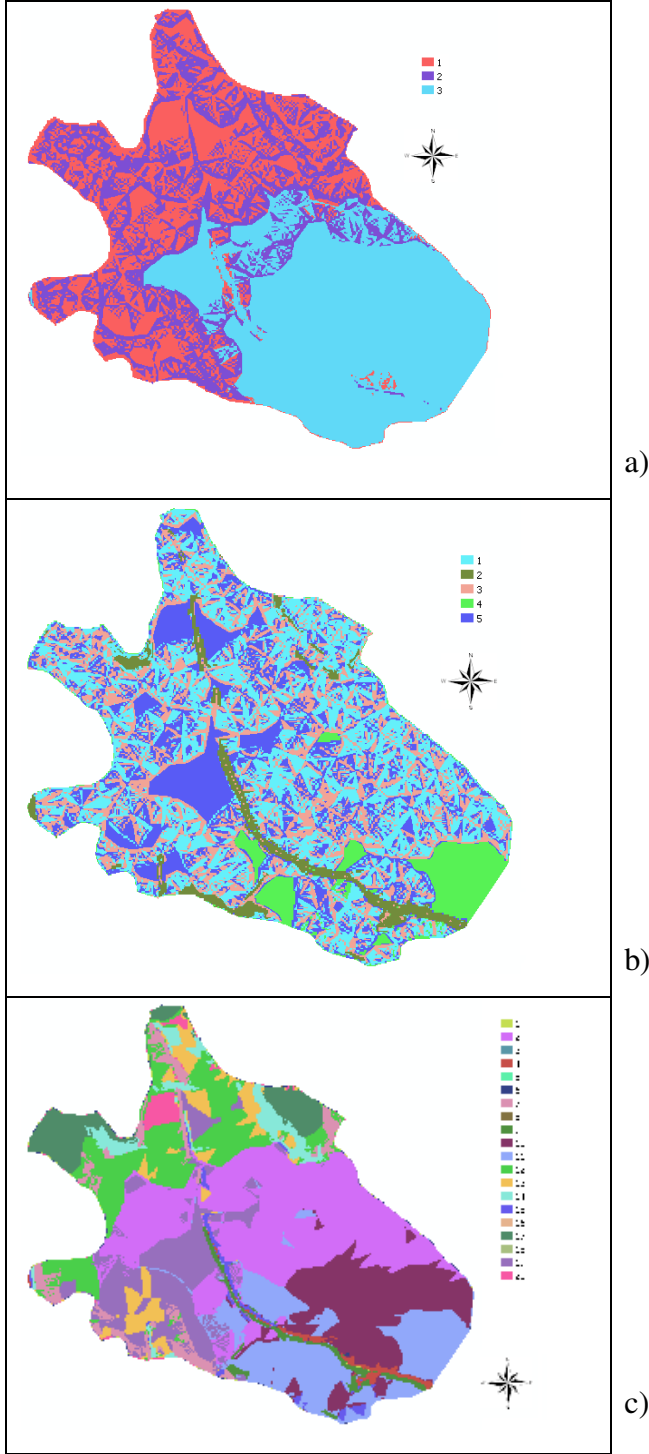


Şekil 4.130. Seçili coğrafi altlıkların (Eğim, Yükseklik, Bakı) çakıştırılması

Çakıştırılan coğrafi altlık haritasında bulunan 4289 adet poligonun anlamlı birliktelikler oluşturacak şekilde sınıflanıp sınıflanamayacağını anlamak için altlığın veritabanı, SPSS yazılımının değişik sınıflama seçenekleri ile sınıflandırılmıştır. “K-Means” ve “TwoStep Cluster” metotlarının kullanılmış olduğu sınıflandırma işleminin sonuçları incelendiğinde, incelenen sınıfların veri kombinasyonlarının homojen olmadığı, dolayısıyla pedolojik özelliklerin altlık haritası ile bir altlık halinde değerlendirmeye alınmasının anlamlı ilişkisel sonuçlar sunamayacağı anlaşılmıştır. Bu sebeple, pedolojik altlık (toprak sınıfları) haritası ile coğrafi değişkenlerin birer birer ilişkisel durumlarının incelenmesine bu noktada karar verilmiştir.

TwoStep Cluster ile sınıflandırılan altlık haritalar için; Şekil 4.131a ve b’de gösterilen harita, sınıflama analizinde “kategorik değişkenler (categorical variables)” seçeneği kullanılarak; Şekil 4.131c’de gösterilen harita ise sınıflama analizinde “devamlı değişkenler (continuous variables)” seçeneği kullanılarak elde edilmiştir. Bu analizler sonucu ilk haritada 3 ayrı sınıf, ikinci haritada 5 ayrı sınıf elde edilmiştir. K-Means yöntemi ile sınıflandırılan altlık harita Şekil 4.131c’de görülmektedir ve bu altlık için de daha önce

pedolojik değişkenlerin sınıflandırılmasında karşılaşıldığı gibi, analizin en başında istenen sınıf sayısı bildirilmiştir. Sınıflandırma için bildirilen sınıf sayısı 20’dir.



Şekil 4.131. Farklı sınıflandırma yöntemleri ile a) “Two Step Cluster” metodu ile b) “Two Step Cluster” metodu ile c) “K-Means” metodu ile sınıflandırılmış coğrafi altlıklar

Çakıştırılan coğrafi altlıkların yeniden sınıflandırılması işlemlerinden sonra elde edilen ve Şekil 4.131a, b ve c’de verilmiş olan haritalar incelendiğinde her bir altlıkta farklı sınıflar oluştuğu ve bu sınıfların veri tabanında (ya da değişkenlerin kombinasyonu arasında) anlamlı bir ortaklık ya da kümeleşme ortaya çıkmadığı tespit edilmiştir.

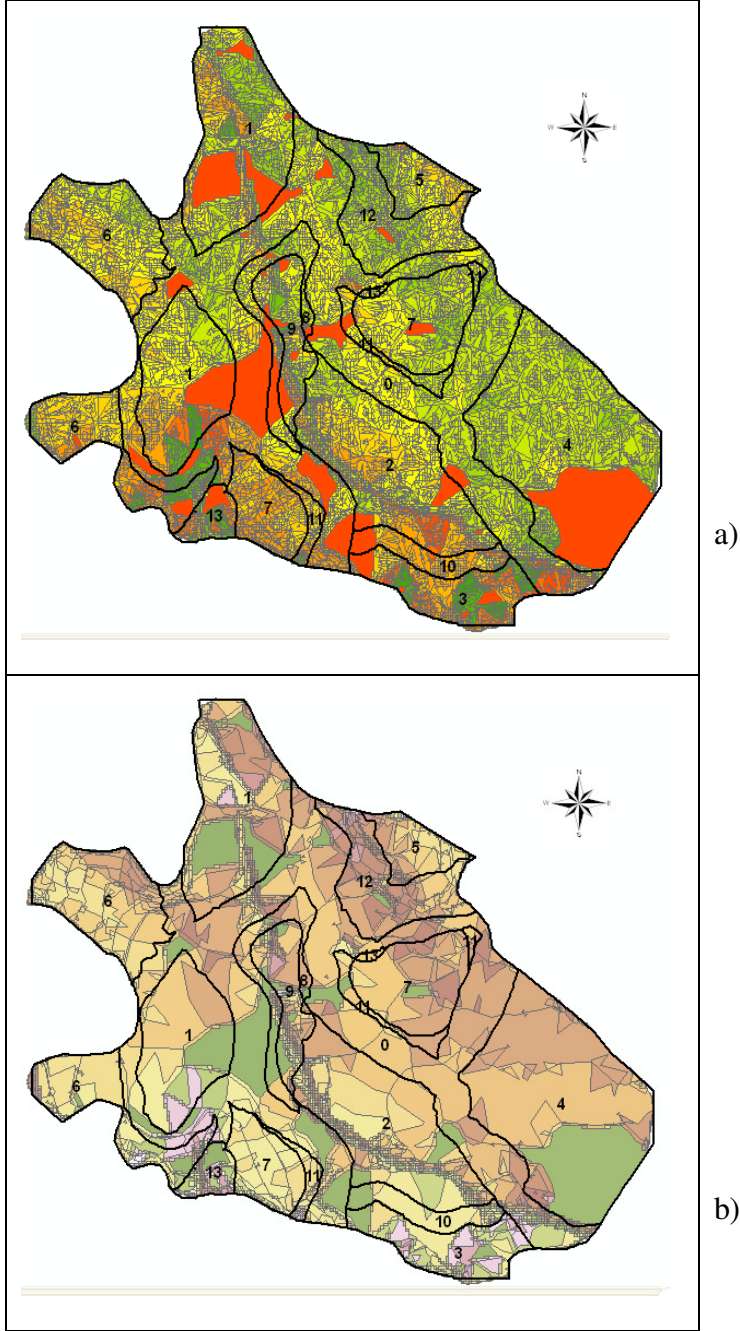
4.2.4 Pedolojik ve coğrafi özelliklerin ilişkileri

Yukarıdaki bölümlerde açıklanmış olan metotlarla hazırlanmış olan pedolojik ve coğrafi özelliklerin alandaki dağılımlarını içeren altlık haritalar çakıştırılarak her bir sınıfın coğrafi özellikleri ve aralarındaki ilişkinin varlığı ve boyutu bu bölümde sorgulanmıştır.

Pedolojik değişkenlere ait altlıklar ile coğrafi değişkenlere ait altlıkların çakıştırılması sonucunda elde edilmiş olan yeni altlık Şekil 4.132a,b’de verilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere çakıştırılan coğrafi altlıkların oluşturduğu sınıfların veri tabanında ya da değişkenlerin kombinasyonu arasında anlamlı bir ortaklık ya da kümeleşme tespit edilmemiştir. Benzer şekilde hazırlanan bu coğrafi altlık ile elementel toprak haritasındaki toprak sınıfları arasında da sınıfları şekillendiren ya da tanımlayan bir ilişki tespit edilmemiştir. Bu sebeple coğrafi altlıkların çakıştırılarak tek bir altlık şeklinde kullanılmasındansa bu altlıkların ayrı ayrı birer altlık olarak ele alınarak pedometrik değişkenler ve jeomorfolojik üniteler ile ilişkilerinin incelenmesi ve farklı toprak çeşitlerini etkileyebilecek unsurların ortaya çıkarılarak tanımlanmasının daha faydalı ve anlamlı bir yaklaşım olduğu anlaşılmıştır.

Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı bu bölümde, pedometrik yöntemle hazırlanan elementel toprak haritası, coğrafi değişkenlerin herbiri ile ayrı ayrı çakıştırılarak ilişkileri tanımlanmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca her bir coğrafi değişkenin toprak haritasının

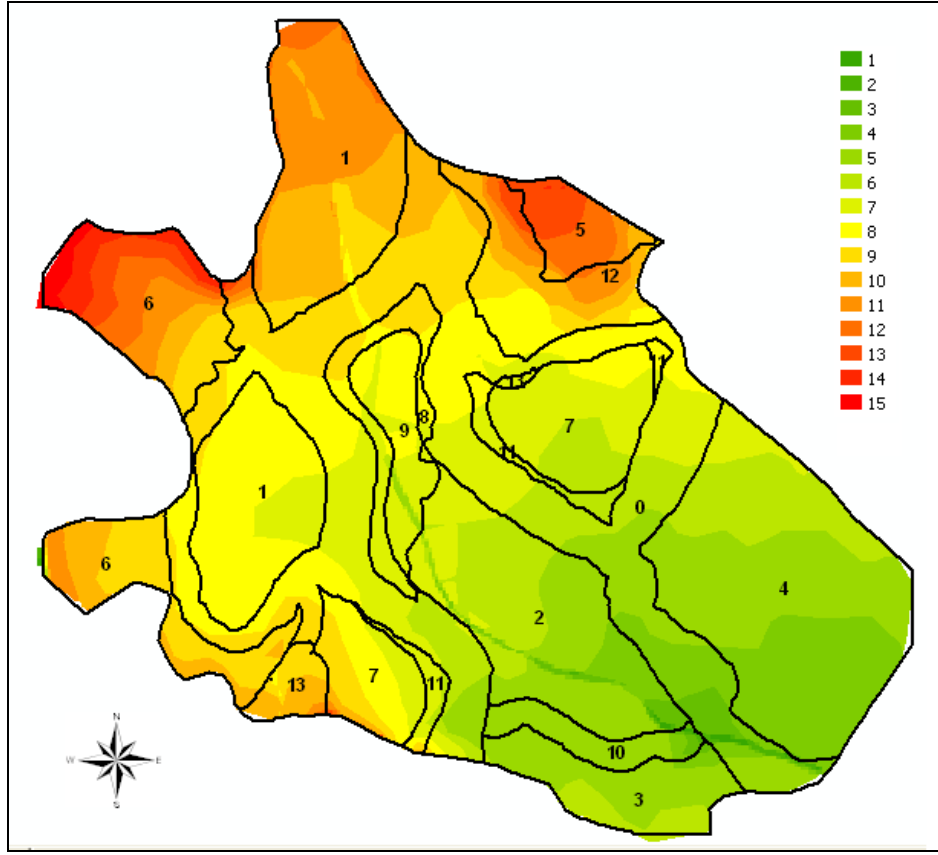
sınırlarını tanımlanan söz konusu bu ilişkiler ile şekillendirip şekillendirmeyeceği ya da netleştirip netleştirmeyeceği kontrol edilmiştir.



Şekil 4.132. a)Tüm coğrafi altlıkların (Eğim, Yükseklik, Bakı, Plan Eğriliği, Profil Eğriliği)
b)Seçili coğrafi altlıkların (Eğim, Yükseklik, Bakı) sonuç toprak sınıfları haritası
ile karşılaştırılması

Pedometrik yöntemle hazırlanan harita ile karşılaştırılarak tanımlayıcı özellikleri ve olası ilişkileri analiz edilecek olan ilk değişken yükseklik coğrafi değişkenidir. Çalışma alanında yüksekliğin güneydoğudan kuzeybatıya doğru artış gösterdiğini daha önce ifade etmiştik. Çizelge 4.33'den toprak sınıflarının hangi yüksekliklerde daha çok varlık gösterdiğini tespit edebiliriz. Buna göre; 0 ve 1 numaralı sınıflar 8 m, 2, 3, 4 ve 10 numaralı sınıflar 5 m, 5 numaralı sınıf 12 m, 6 numaralı sınıf 9 m, 7, 8, 9 ve 11 numaralı sınıflar 7 m, 12 ve 13 numaralı sınıflar ise ortalama 10 m yükseklikte yer almaktadırlar (Şekil 4.133). Kolüvyal arazilerin 7 m yüksekliğinden yukarıda ve alüvyal arazilerin ise 8 m yüksekliğinden aşağıda bulunmakta oldukları bu altlık haritadan tespit edilmiştir.

Yükseklik coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek birkaç nokta vardır. Buna göre kuzeydeki 1 numaralı sınıf ile 12 numaralı sınıf arasındaki tampon bölge 10 m'lik eşyüksekti eğrisi sınırından; 1 ile 6 numaralı sınıflar arasındaki sınır da 10 m'lik eşyüksekti eğrisi sınırından çizilebilir.



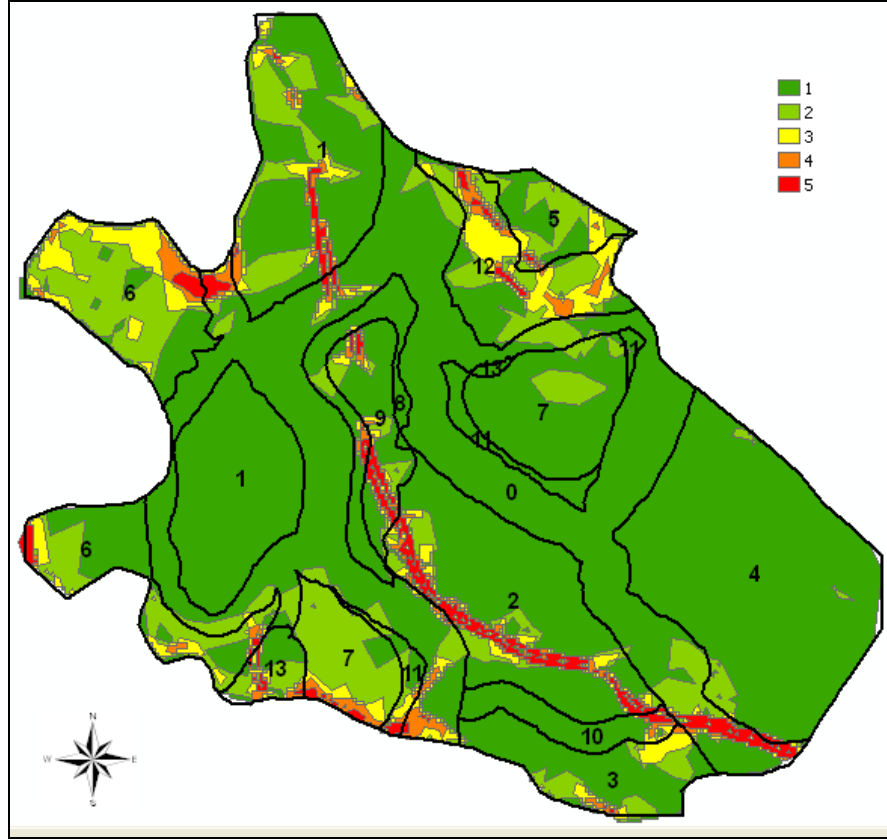
Şekil 4.133. Elementel toprak haritası ile yükseklik analizi altlığının çakıştırılması

Bunların yanı sıra, toprak sınıflarının sınırları birkaç noktada da yükseklik eğrileri ile çok doğru örtüşmektedir. Güneybatıdaki kolüvyal alan üzerinde 6 numaralı toprak sınıfının sınırı, tam olarak 9 m'lik eşyüksekti eğrisinden geçmekte ve şekil itibariyle de bu eğriye benzemektedir. Güneydeki 11 numaralı toprak sınıfının sınırı da benzer şekilde 7 m'lik yükseklik kotuna dayanmıştır.

Çizelge 4.33. Çakıştırılmış final toprak haritası (14 sınıf) ile yükseklik analizi altlığının (15 sınıf) alansal dağılımı

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Toplam
0	0,27%	0,24%	0,52%	2,07%	6,01%	10,71%	11,98%	19,91%	23,33%	19,69%	4,18%	0,28%	0,45%	0,15%	0,07%	0,14%	100%
1	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,00%	34,30%	7,35%	22,05%	25,41%	3,54%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
2	0,00%	0,26%	0,38%	3,50%	10,10%	38,13%	31,87%	15,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
3	0,68%	0,00%	0,01%	0,82%	3,91%	70,42%	24,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
4	0,81%	0,00%	0,02%	0,04%	31,95%	39,92%	22,20%	5,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
5	0,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,09%	8,27%	10,25%	41,28%	39,23%	0,32%	0,00%	100%
6	1,53%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,03%	0,09%	0,04%	0,37%	33,13%	18,89%	12,42%	10,97%	9,60%	8,77%	4,13%	100%
7	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	17,73%	44,33%	24,79%	10,30%	2,04%	0,45%	0,08%	0,14%	0,00%	0,00%	100%
8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,18%	1,09%	36,98%	28,20%	33,54%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,55%	1,72%	44,70%	48,94%	1,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
10	0,00%	1,18%	1,25%	5,38%	6,14%	86,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
11	0,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	27,51%	50,06%	20,37%	1,42%	0,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
12	0,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,27%	25,34%	20,17%	26,23%	17,54%	5,73%	4,35%	0,00%	0,00%	100%
13	3,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,99%	1,54%	38,40%	44,15%	3,47%	0,95%	0,01%	0,00%	0,00%	100%

Pedometrik yöntemle hazırlanan harita ile karşılaştırılarak tanımlayıcı özellikleri ve olası ilişkileri analiz edilecek olan ikinci değişken ise eğim yüzdesi coğrafi değişkenidir. Çalışma alanındaki toprak sınıflarının eğim yüzdesi altlığı ile karşılaştırılmış hali Şekil 4.134’de görülmektedir. Çizelge 4.34’den toprak sınıflarının hangi eğimde daha çok varlık gösterdiği tespit edilebilmektedir. Buna göre, 6 ve 12.sınıflar haricinde bütün sınıflar %0–2 eğim, düz-düze yakın tanımlı 1 numaralı eğimde yer almaktadırlar. 6 ve 12.sınıflar ise %2–4 eğim, hafif dereceli tanımlı 2 numaralı sınıfta yer almaktadırlar. Kolüvyal arazilerin alüvyal taban arazilere göre daha yüksek eğimli alanlarda yer aldığı bu altlık haritadan tespit edilmektedir.



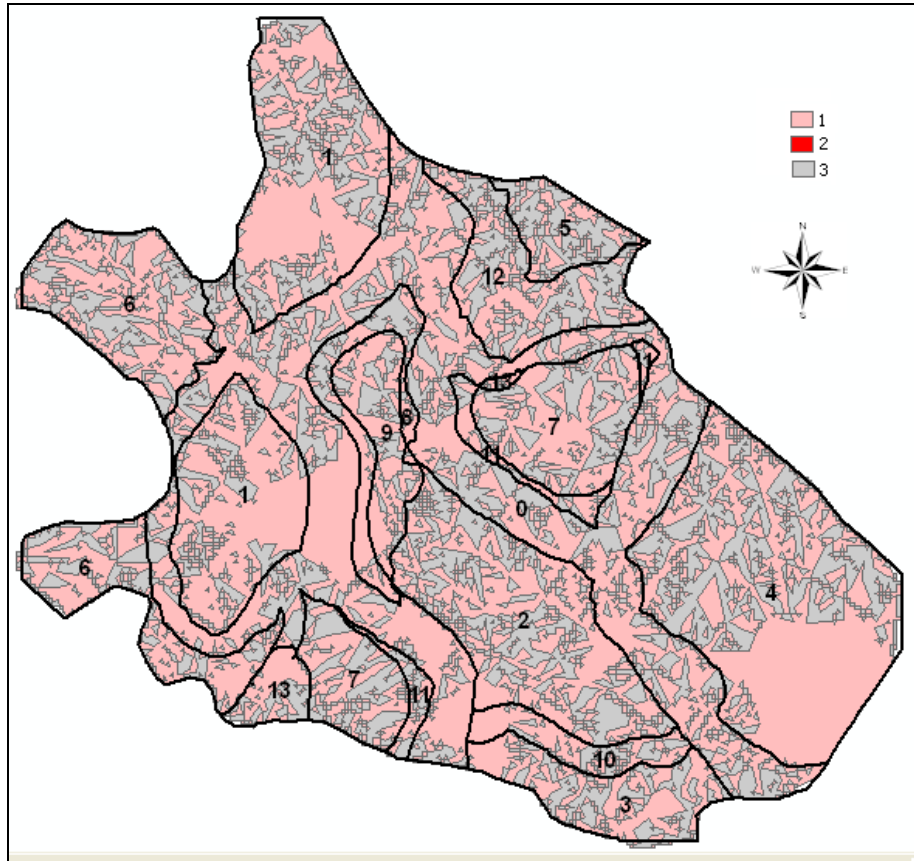
Şekil 4.134. Final toprak haritası ile eğim analizi altlığının karşılaştırılması

Çizelge 4.34. Çakıştırılmış final toprak haritası (14 sınıf) ile eğim analizi altlığının (5 sınıf) alansal dağılımı

	1	2	3	4	5	Toplam
0	83,06%	10,55%	2,03%	1,69%	2,39%	100%
1	78,00%	14,69%	3,39%	1,88%	1,60%	100%
2	72,19%	9,85%	5,58%	3,18%	9,20%	100%
3	69,55%	18,32%	9,37%	1,71%	0,28%	100%
4	96,25%	2,60%	0,11%	0,03%	0,21%	100%
5	42,86%	42,02%	11,36%	2,06%	0,93%	100%
6	31,58%	42,83%	17,38%	4,05%	2,56%	100%
7	55,56%	37,69%	2,74%	2,63%	1,24%	100%
8	87,47%	6,42%	1,37%	2,19%	2,55%	100%
9	62,95%	15,53%	7,18%	4,93%	9,41%	100%
10	86,81%	1,31%	4,33%	3,58%	3,98%	100%
11	74,94%	14,45%	4,87%	2,72%	2,90%	100%
12	27,03%	31,40%	29,05%	8,98%	3,07%	100%
13	43,05%	31,82%	7,99%	7,35%	5,80%	100%
Toplam	71,76%	16,91%	5,67%	2,44%	2,70%	100%

Pedometrik yöntemle hazırlanan harita ile çakıştırılarak tanımlayıcı özellikleri ve olası ilişkileri analiz edilecek olan üçüncü değişken eğim yönü (bakı) coğrafi değişkenidir. Çalışma alanındaki toprak sınıflarının eğim yönü altlığı ile çakıştırılmış hali Şekil 4.135’de görülmektedir. Çizelge 4.35’den toprak sınıflarındaki eğim yüzeylerinin daha çok hangi yöne doğru yönelim gösterdiği tespit edilebilmektedir. Buna göre, 3 ve 13 numaralı sınıflar kuzeye; 10 numaralı sınıf kuzeydoğuya; 2,6 ve 11 numaralı sınıflar doğuya; 5 ve 8 numaralı sınıflar güneydoğuya; 0, 1, 4, 7 ve 9 numaralı sınıflar güneye; 12 numaralı sınıf da en çok güneybatıya yönelim göstermişlerdir. Alanın tümüne yönelik analiz yapıldığında, çalışma alanındaki arazi yüzeyinin en çok güney (%26,4) ve güneydoğu (%19,41) yönlerine baktığı görülmektedir. Eğim yönü coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek bir ayırım saptanmamıştır.

Pedometrik yöntemle hazırlanan harita ile karşılaştırılarak tanımlayıcı özellikleri ve olası ilişkileri analiz edilecek olan bir diğer değişken ise profil eğriliği coğrafi değişkenidir. Çalışma alanındaki toprak sınıflarının profil eğriliği altlığı ile karşılaştırılmış hali Şekil 4.136'da görülmektedir. Çizelge 4.36'dan da toprak sınıflarının daha çok hangi profil eğriliği sınıfında bulunduğu tespit edilebilmektedir. Buna göre, 5 ve 12 numaralı sınıflar hariç bütün sınıflar negatif profil eğriliğine sahiptir. 5 ve 12 numaralı sınıflarda görülen pozitif profil eğriliği, bu alanların yukarı doğru iç bükey alanlar olduğunu yani depolama alanları olduğunu göstermektedir. Bu sınıflar kuzeydeki kolüvyal arazilerde yer alan toprak sınıflarıdır. Profil eğriliği coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için kuzeydeki kolüvyal araziler dışında toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek bir ayırım saptanmamıştır.



Şekil 4.136. Çakıştırılmış final toprak haritası ile plan eğriliği altlığı

Çizelge 4.36. Çakıştırılmış final toprak haritası ile plan eğriliği altlığının alansal dağılımı

	1	2	3	Toplam
0	63,02%	0,32%	36,66%	100%
1	66,74%	0,41%	32,85%	100%
2	58,01%	0,00%	41,99%	100%
3	60,59%	0,81%	38,60%	100%
4	64,38%	0,93%	34,69%	100%
5	40,24%	0,88%	58,87%	100%
6	60,27%	1,66%	38,07%	100%
7	55,40%	0,13%	44,47%	100%
8	61,45%	0,00%	38,55%	100%
9	65,44%	0,00%	34,56%	100%
10	69,31%	0,00%	30,69%	100%
11	60,00%	0,20%	39,80%	100%
12	47,25%	0,48%	52,28%	100%
13	61,03%	3,87%	35,10%	100%
Toplam	61,32%	0,56%	38,12%	100%

Pedometrik yöntemle hazırlanan harita ile çakıştırılarak tanımlayıcı özellikleri ve olası ilişkileri analiz edilecek olan son değişken ise plan eğriliği coğrafi değişkenidir. Çalışma alanındaki toprak sınıflarının plan eğriliği altlığı ile çakıştırılmış hali Şekil 4.137’de görülmektedir. Çizelge 4.37’den de toprak sınıflarının daha çok hangi plan eğriliği sınıfında bulunduğu tespit edilebilmektedir. Buna göre, 6 numaralı sınıf hariç bütün sınıflar negatif plan eğriliğine sahiptir. 6 numaralı sınıfta görülen pozitif plan eğriliği, bu alanın dışarı doğru iç bükey alanlar olduğunu ifade etmektedir. Bu sınıf kuzeybatı ve güneybatıda yayılım gösteren kolüvyal arazilerde yer alan toprak sınıflarıdır ve bu arazilerde yüksek arazilerden aşağıya doğru su akışının izlenebileceği alanlar olduğuna işaret etmektedir. Plan eğriliği coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için söz konusu kolüvyal araziler dışında toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek bir ayırım saptanmamıştır.



Şekil 4.137. Çakıştırılmış final toprak haritası ile profil eğriliği altlığı

Çizelge 4.37. Çakıştırılmış final toprak haritası ile profil eğriliği altlığının alansal dağılımı

	1	2	3	Toplam
0	58,57%	0,29%	41,14%	100%
1	60,52%	0,41%	39,06%	100%
2	53,44%	0,00%	46,56%	100%
3	60,59%	0,80%	38,61%	100%
4	66,37%	0,90%	32,74%	100%
5	54,58%	1,01%	44,41%	100%
6	49,10%	1,63%	49,27%	100%
7	50,79%	0,14%	49,07%	100%
8	63,39%	0,00%	36,61%	100%
9	58,00%	0,00%	42,00%	100%
10	63,79%	0,00%	36,21%	100%
11	51,55%	0,16%	48,29%	100%
12	51,03%	0,26%	48,71%	100%
13	62,04%	4,03%	33,93%	100%
Toplam	57,85%	0,54%	41,61%	100%

4.3 Diğer Yardımcı Verilerin Sınıflandırmaya Katılması

Öngörülen genel çalışma yöntemi prensipleri bütününde önem arz eden ve mutlaka değerlendirmeye alınması gereken bir basamak olan “diğer yardımcı verilerin hazırlanması” basamağıdır. Diğer yardımcı veriler; çalışma alanının jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, iklim ve ana materyal yaşı gibi toprak oluşumunu etkileyen faktörler veya bitki örtüsü, toprağın sıcaklık verileri gibi unsurları içerir. Jeolojik yapı ve bölgesel iklim gibi veriler daha küçük ölçeklerde farklılıklar yaratan, bu tür detaylı toprak haritalama çalışmaları için toprak sınıflarını belirleyici büyüklükte değişiklik göstermeyen özelliklerdir.

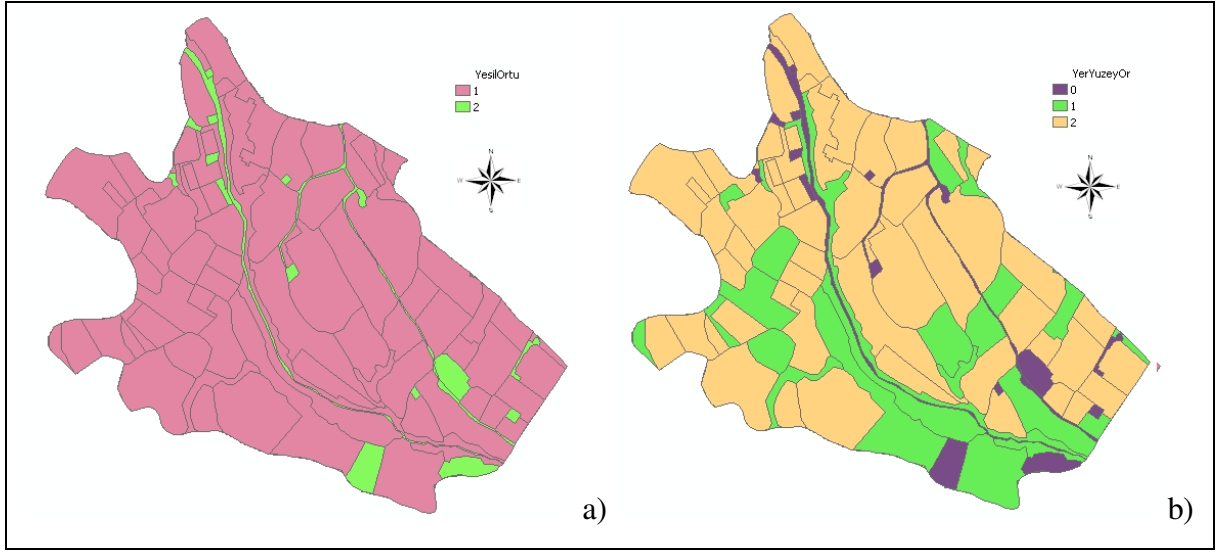
Araştırma alanı ölçeğinde değerlendirildiğinde iklimsel ve jeolojik yapı olarak farklılık gösteren yapılara rastlanmadığı için bu değişkenlerin sınıflama boyutunda bir avantaj sağlamayacağı görülmüştür. Toprağın sıcaklık verisine dair bilgi, gerekli teknik donanım olmadığı için arazi çalışması sırasında toplanamamıştır. Ana materyal ve jeomorfolojik yapı bilgileri pedolojik değişkenler ile birlikte ele alınmış ve pedolojik değişkenlerin hazırlanması bölümünde sınıflandırma sistematğine katılarak katkı sağlamıştır.

Bitki örtüsü, vejetasyon tipi ve yoğunluğu, 1967–2006 yılları arasındaki arazi kullanım ve parsel şekillerindeki değişim gibi toprak genetiğine ait olmayan ancak toprak sınıflarını belirlemede toprak uzmanına büyük yararlar sağlayan araziye dair detayları içeren yardımcı veriler bu bölüm kapsamında toprak sınıflarını belirleme sistematğine katılmıştır. Söz konusu bu yardımcı verilerin toprak haritasının sınırlarını tanımlanabilecek olası ilişkiler ile şekillendirip şekillendirmeyeceği ya da netleştirip netleştirmeyeceği kontrol edilmiştir.

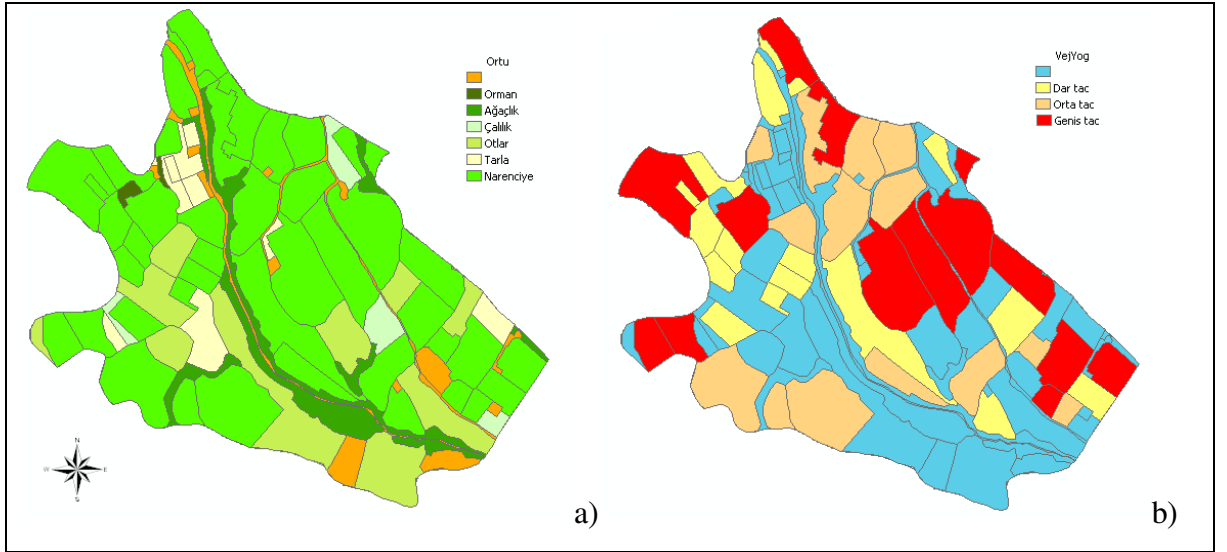
Yardımcı veri altlıklarının hazırlanmasında 1967 yılı stereoskopik hava fotoğrafları ve 2006 yılı IKONOS uydu görüntüsü yorumlamaları kullanılmış, bu verilere uygun bir veri tabanı ve kodlama sistemi hazırlanmıştır (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Yardımcı veriler kapsamında hazırlanan veri tabanı açıklamaları

Tablosal Kodu	Kod Tanımlaması	Kod İfadeleri
YESILORTU	Yer yüzeyinin yeşil örtüyle örtülü olup olmadığı	0: Tasnif dışı
		1: Yeşil örtü var
		2 : Yeşil örtü yok
YER_YUZEY_OR	Yer yüzeyinin ne ile kaplı olduğu	0 : Tasnif dışı
		1 : Canopy
		2 : Non-canopy
ORTUICERIK	Yer yüzeyinin detayda ne ile kaplı olduğu	0 : Tasnif dışı
		1 : Orman
		2 : Ağaçlık
		3 : Çalılık
		4 : Otlar-Otlak
		5 : Kayalık
		6 : Tarla
DEGISIM	1960 - 2006 yılları arası arazi kullanım durumundaki değişiklik	7 : Narenciye
		0 : Tasnif dışı
		1 : Aynı kalmış (Tarımsal faaliyet devam)
		2 : Aynı kalmış (Orman kullanımı devam)
VEJYOG	Vejetasyonun yoğunluğu	3 : Değişmiş/Bozulmuş
		0 : Tasnif dışı
		1 : Narenciye dar taç
		2 : Narenciye orta taç
		3 : Narenciye geniş taç



Şekil 4.138. Araştırma alanının a) yeşil örtü ile kaplı yüzeyleri ve b) bunların çeşitlerinin dağılımı



Şekil 4.139. Araştırma alanındaki a) yeşil örtü ile kaplı yüzeylerin çeşitleri ile b) narenciye alanlarının taç büyüklüğünün değişimi

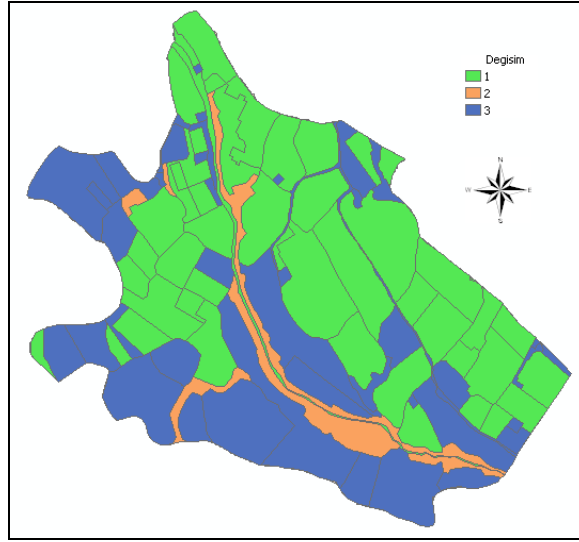
Şekil 4.138’den ve Çizelge 4.39’den görüldüğü üzere alanın hemen hemen hepsi (%95) yeşil örtü ile kaplıdır. Yapay yüzeyler sadece alanın %5’lik küçük bir kısmını

kaplamaktadır. Alanın büyük bir kısmını (%67) kanopi olmayan (narenciye bahçesi, tarla gibi kültür ortamları) alanlar, %28'lik bir kısmını ise orman ve çalılıktan oluşan kanopi alanlar oluşturmaktadır.

Alanın % 62'sini kaplayan narenciye bahçelerinin büyük bir kısmı geniş ve orta taçlı bahçelerden oluşmaktadır (Bkz. Çizelge 4.39). Narenciye kullanımındaki dar taçlı bahçeler ayrımının büyük bir kısmı yeni dikilmiş fideler olması sebebiyle bu şekilde sınıflanmıştır. Diğer bir kısmının ise topraktaki yetersizlik ya da problemler sebebiyle dar taçlı ve gelişmemiş bahçeler olduğu arazi çalışmalarında saptanmıştır. Alandaki dağılımları Şekil 4.139'de verilmiştir.

Çizelge 4.39. Yardımcı verilerin alansal dağılımları

YesilOrtu	OrtuIcerik	VejYog	0	1	2	Genel Toplam
1	Agaclik	(boş)		7,69%		7,69%
	Toplam Agaclik			7,69%		7,69%
	Calilik	(boş)		2,65%		2,65%
	Toplam Calilik			2,65%		2,65%
	Narenciye	Dar tac			15,02%	15,02%
		Genis tac			26,05%	26,05%
		Orta tac			21,10%	21,10%
	Toplam Narenciye				62,17%	62,17%
	Orman	(boş)		0,38%		0,38%
	Toplam Orman			0,38%		0,38%
	Otlak	(boş)		16,85%		16,85%
	Toplam Otlak			16,85%		16,85%
	Tarla	(boş)			4,84%	4,84%
	Toplam Tarla				4,84%	4,84%
Toplam 1				27,58%	67,01%	94,59%
2	(boş)	(boş)	5,41%			5,41%
	Toplam (boş)		5,41%			5,41%
Toplam 2			5,41%			5,41%
Genel Toplam			5,41%	27,58%	67,01%	100,00%

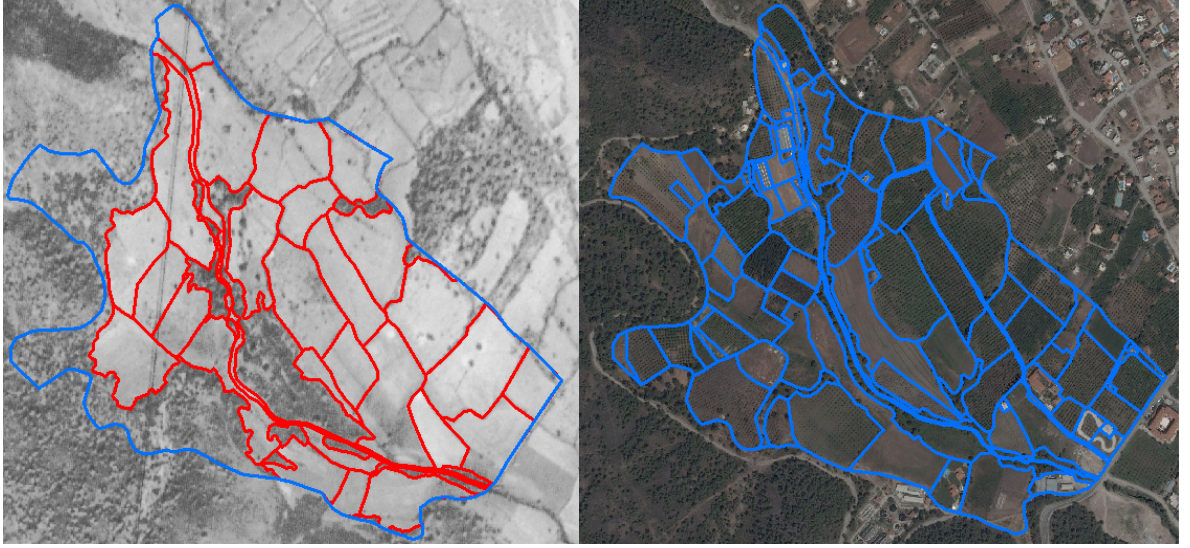


Şekil 4.140. Araştırma alanındaki alan kullanımlarının 1967–2006 yılları arasında parseller bazındaki değişimi

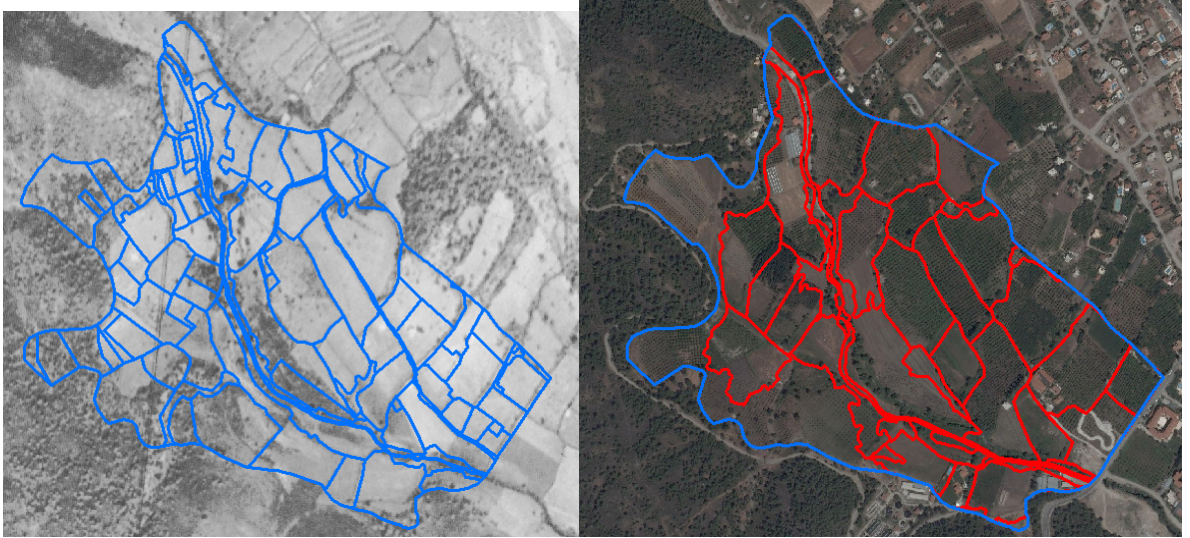
Araştırma alanındaki her kullanım 2006 yılı uydu görüntüsündeki parsel dağılımı ve kullanımı bazında poligonlara ayrılmıştır. Söz konusu parsel dağılımlarının 1967'deki durumuna bakıldığında alandaki kullanımların ne yönde farklılaştığına bu değişimin hangi oranda olduğuna dair bilgiler elde edilmiştir. Alan kullanımlarının yaklaşık %60'ının 1967–2006 yılları arasında aynı kalmış, geri kalan kısmı ormandan bozulan alanların tarla ya da bahçe yapılması, ya da tarla kullanımlarının konuta ve seraya dönüştürülmesi şeklinde olmuştur (Şekil 4.140'te mavi ile gösterilen 3 numaralı alanlar).

Parsellerin arazide üzerindeki şekillenişleri ve sınırları rastgele değildir; arazi eğimi, taşlılığı, doğal sınırların (dere, tepe, yükselti vb.) varlığı, akarsuların yatay aşınımı (dere yatağının arazide daha önceki akış yerleri), drenaj sistemleri, taban suyu gibi birçok farklı değişkene bağlı olarak şekil alırlar. 2006 yılı uydu görüntüsünden elde edilen bu altlıklardaki parsel dağılımlarını (Şekil 4.141) 1967 yılı hava fotoğrafı ile beraber incelediğimiz zaman 40 yıllık bir süreçte hiç değişmeyen ve doğal sınırlarla şekillendiği belli olan parsel sınırları olduğu görülmektedir (Şekil 4.141). Aynı şekilde 1967 yılı hava fotoğraflarından elde edilen parsel sınırlarını da (Şekil 4.142) 2006 yılı uydu görüntüsü ile

birlikte incelediğimiz zaman geçen onca zamana rağmen değişmeyen parsel sınırlarının varlığı netlikle görülmektedir (Şekil 4.142). Ancak, doğal sınırlar değişmemekle beraber, parsellerin kendi içerisinde, muhtemelen miras sonucu, daha küçük parsellere bölündüğü, bir başka deyişle ortalama parsel büyüklüğünün azaldığı göze çarpmaktadır.

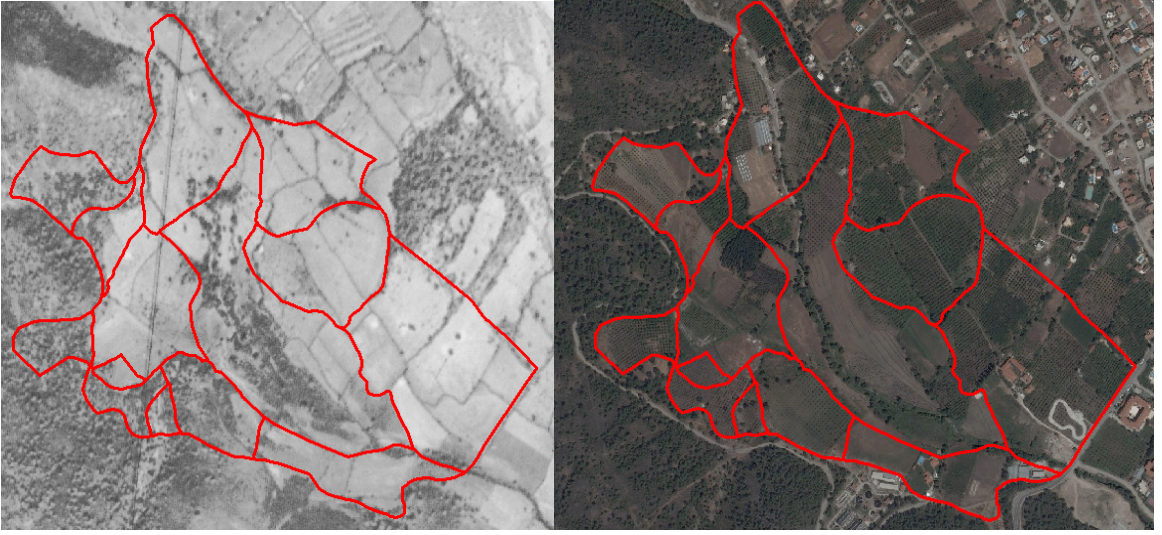


Şekil 4.141. 1967 hava fotoğrafından elde edilen parsel sınırları ile 2006 IKONOS uydu görüntüsünden elde edilen parsel sınırları



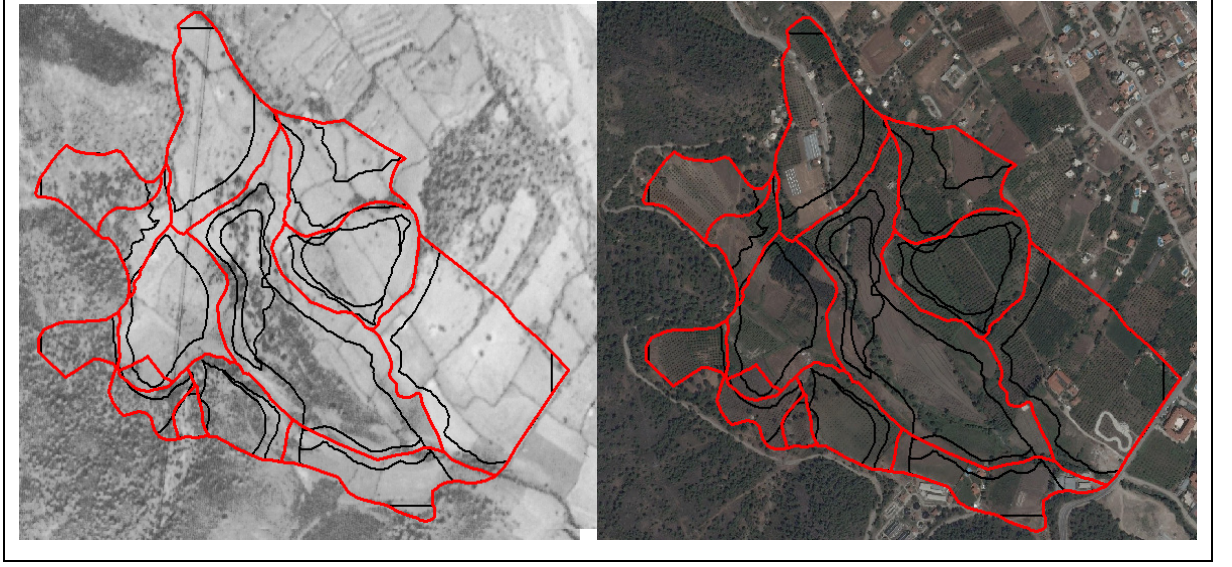
Şekil 4.142. 2006 IKONOS uydu görüntüsünden elde edilen parsel sınırlarının hava fotoğrafı üzerindeki görünümü ile 1967 hava fotoğrafından elde edilen parsel sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki görünümü

Sarı vd'nin (2008) geleneksel yöntemlerle hazırlamış olduğu toprak haritasına baktığımız zaman; toprak sınıflarının sınırlarının söz konusu bu parsel sınırları ile çoğu yerde örtüşmekte olduğu görülmektedir (Şekil 4.143).

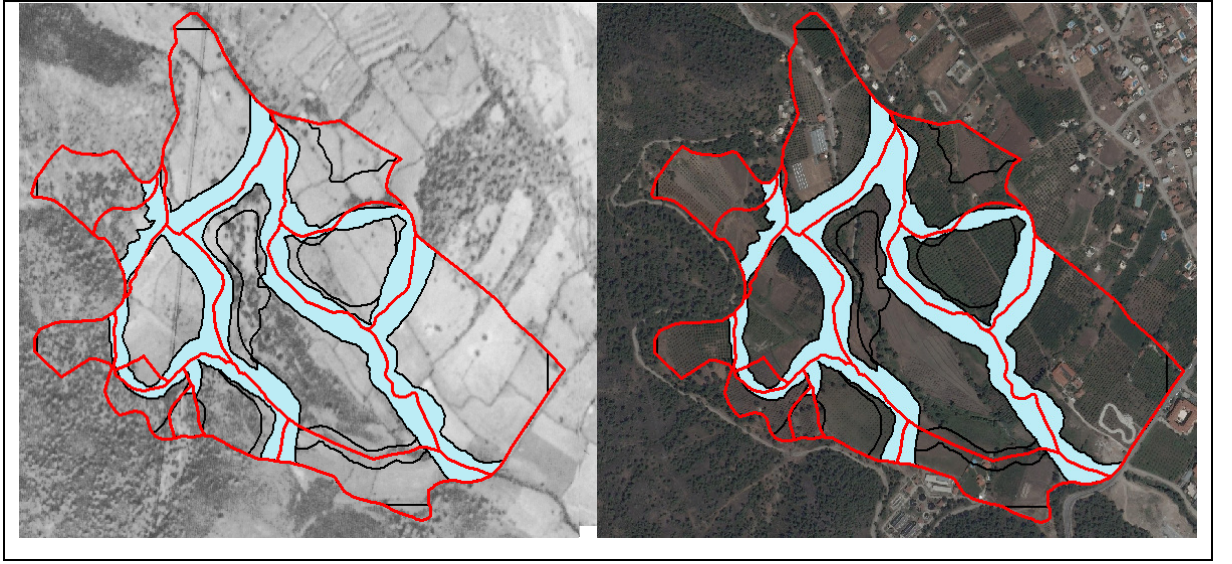


Şekil 4.143. Geleneksel yöntemlerle hazırlanmış toprak haritası sınırlarının parsel sınırları ile örtüşmesi

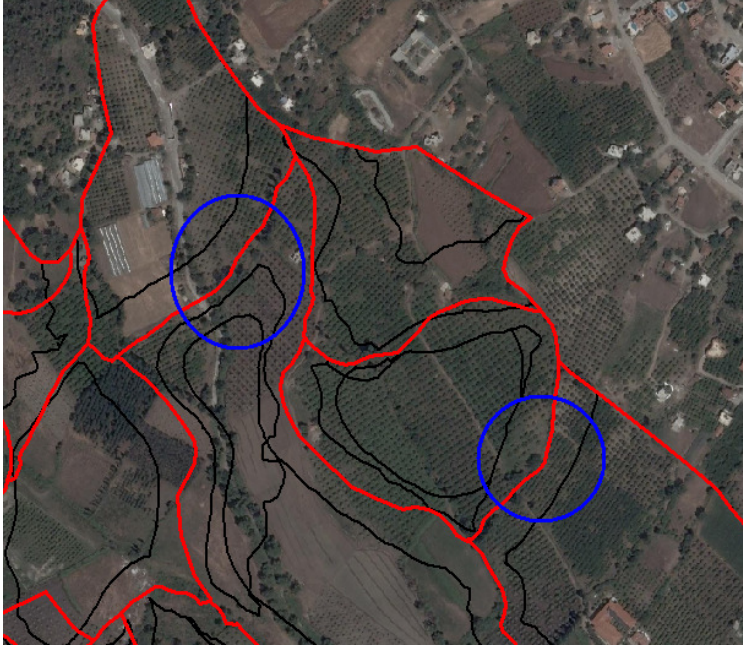
Geleneksel harita (kırmızı renkli sınırlar) ile bu tez çalışması çerçevesinde hazırlanan sayısal harita (siyah renkli sınırlar) üst üste çakıştırıldığında, hazırlanan sayısal haritada sınırlar arası geçiş horizonlarına denk gelen tampon bölgeyi ifade eden ve sınırları kesinleştirilememiş olan 0 numaralı sınıfın arazi koşullarındaki konumu görülmektedir (Şekil 4.144). Buna göre, Şekil 4.140'da yeşil ve kavuniçi renklerle ifade edilen ve her iki altlıkta da değişim göstermemiş olan parsellere tekabül eden toprak sınıflarının sınırlarına yönelik yeniden düzenleme yapılmış (Şekil 4.147, Şekil 4.148) ve tampon bölgedeki bir kısım alan hazırlanan sayısal haritadaki sınıflara atanmıştır (Şekil 4.146). Şekil 4.145'de gösterilen bu sınırlara dair bir diğer dayanak altlık da narenciye bahçelerindeki taç büyüklüğünün ayırım sınırlarıdır (Bkz. Şekil 4.139). Bu altlıkta görüldüğü üzere bu bölgelerdeki vejetasyonda bir homojenite söz konusudur ve bu birliktelik de toprak sınırlarında belirleyici olabilecek kadar önemli bir ayrıntıdır.



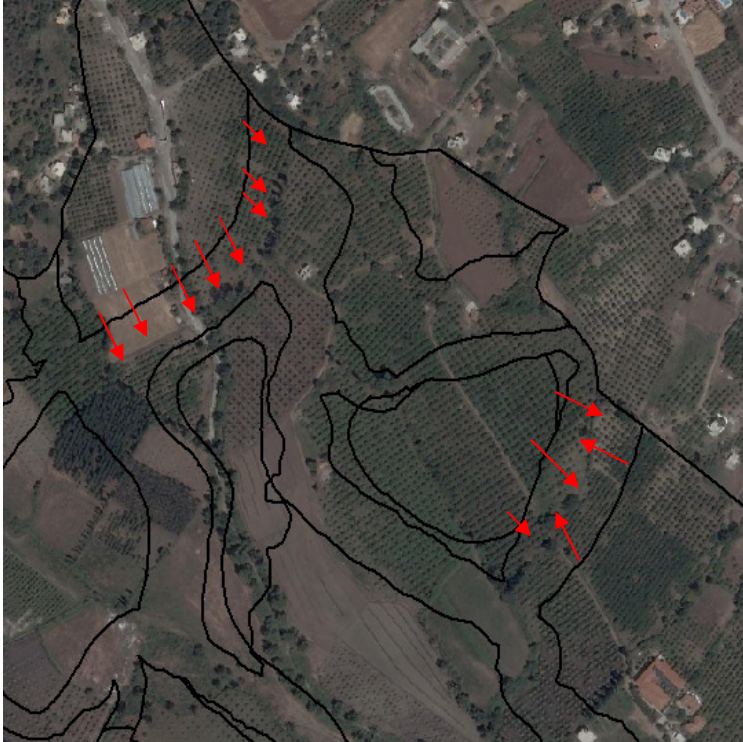
Şekil 4.144. Geleneksel harita ve tez çalışması sonucunda elde edilen sayısal haritanın karşılaştırılarak arazi koşullarındaki konumunun izlenmesi



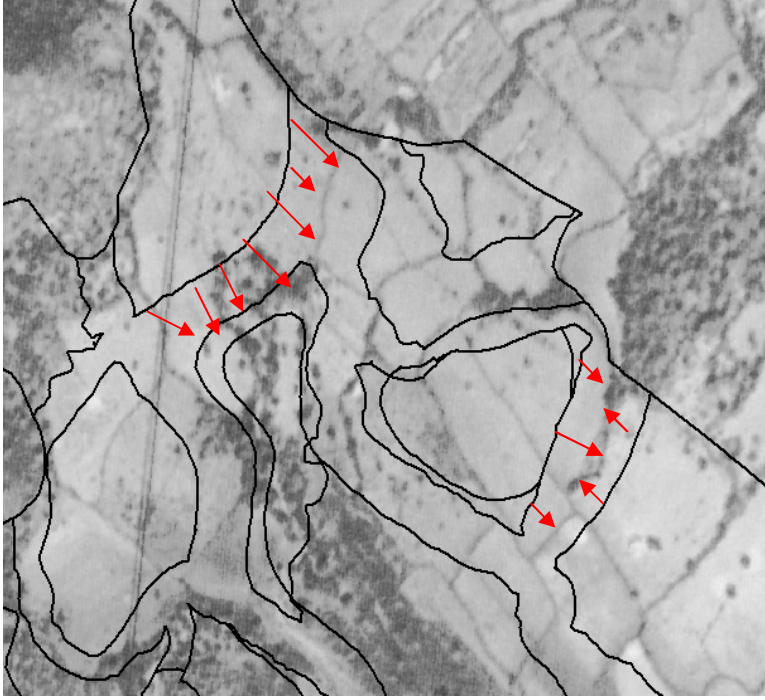
Şekil 4.145. Tez çalışması ile elde edilen sayısal haritada elde edilen tampon bölgenin arazi koşullarındaki konumu ve geleneksel harita ile karşılaştırılması



Şekil 4.146. Değişim göstermemiş parcel sınırlarından geçen geleneksel toprak haritası sınırları



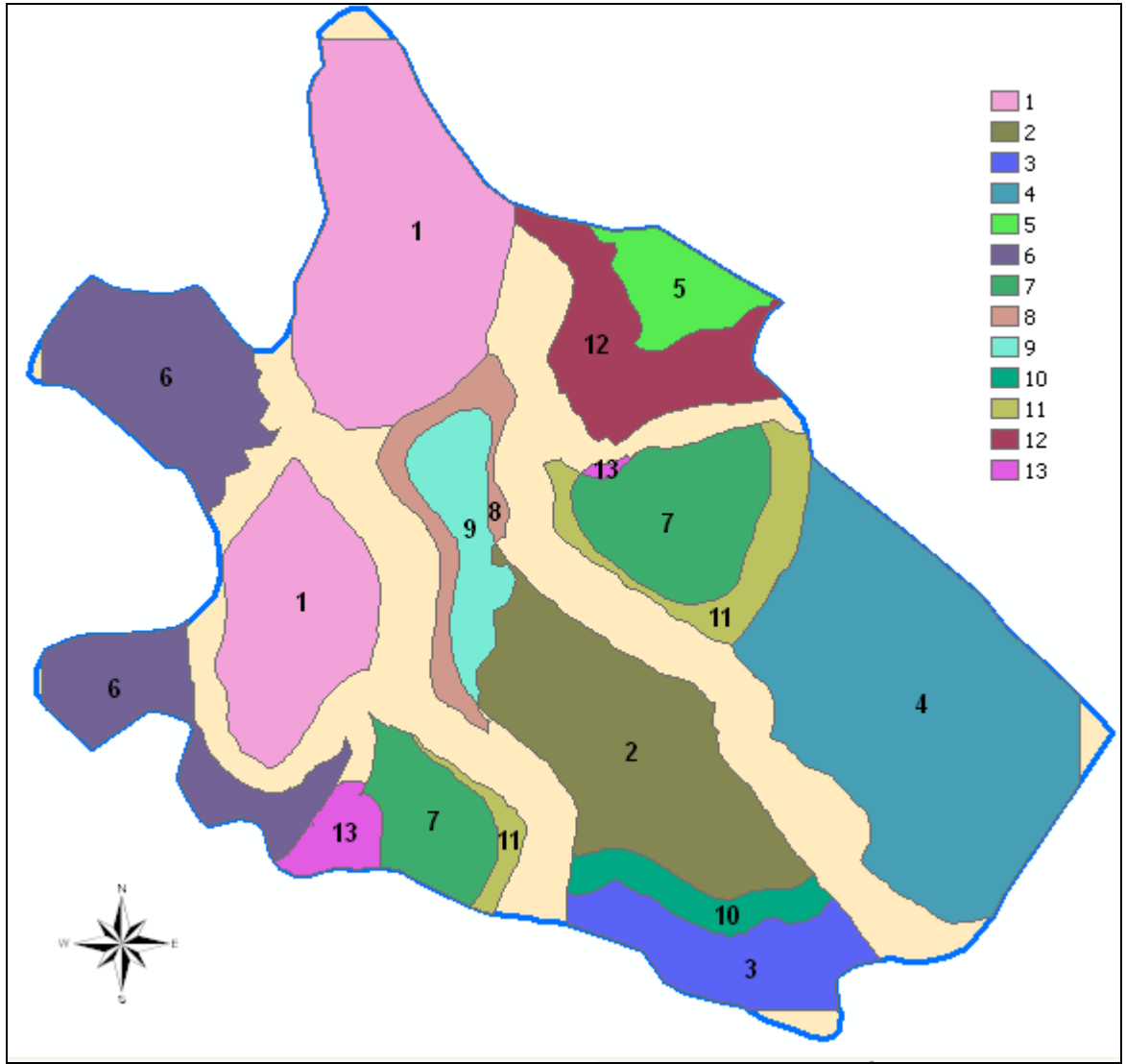
Şekil 4.147. Uydu görüntüsü kullanılarak toprak haritası sınırının parcel sınırlarına göre kaydırılması



Şekil 4.148. Hava fotoğrafı kullanılarak toprak haritası sınırının parsel sınırlarına göre kaydırılması

Söz konusu toprak sınırlarının parsel sınırlarına göre kaydırılarak oluşturulmuş yeni toprak haritası Şekil 4.149’da verilmiştir. Bu harita sayısal toprak haritalama uygulaması olarak denenen bu tez çalışmasının final haritasıdır. Sayısal toprak haritasının oluşturulmasında yardımcı verilerin önemli bir yer kapladığı bu bölümde görülmüştür.

Sonuç haritasında görülen 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı sınıflar, geleneksel toprak haritasındaki sınıflardan farklı özellikler gösteren sınıflardır. Sayısal toprak haritalama sistematığının ortaya çıkardığı 9 ve 12 numaralı sınıfların varlığı, bu haritanın hazırlanmasından sonra yapılan arazi çalışması ile test edilmiş ve kanıtlanmıştır. Bu tez çalışması ile ortaya çıkarılan veri tabanı özelliklerini barındıran bu sınıflar, Sarı vd’nin (2008) geleneksel yöntemlerle hazırlamış olduğu haritada da bulunan 2 ve 5 numaralı sınıftaki topraklardan farklı genetik özellikler göstermektedir.



Şekil 4.149. Araştırma alanı sonuç sayısal toprak haritası

Sonuç olarak, 8, 9, 10, 11 ve 12 numaralı sınıflar ile geçiş horizonu tampon bölgesi olarak adlandırılan 0 numaralı sınıfın alan büyüklükleri toplamını (20,7 ha) çıkarırsak, araştırma alanının (58 ha) %64,3'ü geleneksel yöntemle hazırlanan toprak haritası ile aynı özellikteki sınıflarla tanımlanmıştır. Ancak 9 ve 12 numaralı sınıfları test için yapılan arazi çalışması ile söz konusu özelliklere sahip sınıfların arazideki varlığı saptandığına göre toplamda alanın %72,4'ünün doğru olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Antalya İli Tekirova Beldesi'ndeki yaklaşık 58 ha'lık bir alanda, günümüzdeki geleneksel toprak haritalama sistemiğinde izlenen yöntemler bütününde yer alan ve önemli bir kısmı uzman inisiyatifinde bulunan arazi ve toprak değişkenleri, uzman inisiyatifi kullanılmadan sayısal verilerle yapılan ilişkisel sorgulamalarla belirlenerek haritalandırılmış ve geleneksel toprak haritalama sistemine alternatif sayılabilecek bir metot geliştirilmiştir. Bu metotta jeostatistiksel yöntemler, coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılamanın teknolojik olanaklarından faydalanılmıştır.

Araştırma için kullanılan toprak değişkenlerin birbirleriyle yüksek korelasyon gösterdiği yapılan tanımlayıcı istatistik ve korelasyon analizleri ile saptanmıştır. Bu analizleri yapmaktaki ana amaçlar, elimizde bulunan değişkenlerin arazinin farklılıklarını ortaya çıkarmakta ne kadar etkili olacağının, ne kadar araziyi temsil ettiğinin, homojenliğinin ve güvenilirliğinin araştırılmasıdır. Bu konuda bize yardımcı olacak en önemli kriterlerden biri olan varyasyon katsayısının artmasıyla değişkenliğin de arttığı bilinmektedir.

Çalışma alanı topraklarının 0–30 cm derinliği analiz edildiğinde varyasyon katsayısı en düşük olan yani alanda homojen dağılım gösteren değişkenin STR_TIP (Strüktür tipi) olduğu görülmektedir. En yüksek varyasyon katsayısı ise A_M_ZONE (Ana materyal zonu) değişkeninde bulunmuştur. Yüzey horizonu için toprak özelliklerinden 'SINIR_F, SINIR_T, ORG_MAT, DRENAJ, STR, ANA_MAT1, ANA_MAT2, AYKIRI, AYKIRI2, PEDO_GOR, PEDO_GOR2, KESIK, KESIK2' değişkenleri için ayırt edici bir değer bulunmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) dolayı varyasyon katsayısı hesaplanamamıştır. 'STR_TIP, DERIN_TT, TOP_RENK, KIVAM, TUZLULUK, ' özellikleri, diğer toprak özelliklerine göre en az değişkenlik (homojenlik); 'RRD2, STR_DAY, YAPISKAN, PLASTIK, REAKSIYON, PR_TASLI, STR_BUY, KIREC' özellikleri orta değişkenlik; 'TEKSTUR, TAS_TIPI, YU_TASLI, A_M_ZONE' yüksek derecede değişkenlik (heterojenlik) göstermektedir.

Veri setlerinin normal dağılıma uygunluğunun göstergelerinden olan çarpıklık ve basıklık değerlerine göre; çarpıklık katsayıları -1,50 ile 1,76; basıklık katsayıları ise -2 ile 1,11 arasında değişen söz konusu özelliklerin normal dağılıma uygunlukları ayrıca “Kolmogorov-Smirnov” testi uygulanarak da kontrol edilmiştir. Varyasyon katsayıları hesaplanabilen değişkenlerin normal dağılıma uygunluk göstermediği tespit edilmiştir ancak bu değişkenlere ait değerlerin deneysel yarıvaryogramlarının hesaplanmasında transformasyonun herhangi bir avantaj sağlamaması nedeniyle (Başkan 2004) bu değerler dönüştürülmeden bırakılmış ve oldukları gibi jeostatistiksel analizlerde kullanılmışlardır. Varyasyon katsayıları yüzey horizonu için hesaplanamayan yani diğer bir deyişle sabit değerler içerdiği için alansal dağılımlarında bir değişkenlik göstermeyen yukarıda belirtilmiş olan toprak özellikleri ise jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır.

Çalışma alanı topraklarının 30–90 cm derinlik için hesaplanan tanımlayıcı istatistik sonuçlarına bakıldığında varyasyon katsayısı için yüzey horizonunda STR_TIP olan en düşük değişken bu kez TOP_RENK olarak bulunmuştur. En yüksek varyasyon katsayısı ise “KESIK2 ve PEDO_GOR2” değişkenlerinde bulunmuştur. Bu horizon için toprak özelliklerinden “SINIR_F, SINIR_T, ORG_MAT, DRENAJ, STR, STR_BUY, STR_TIP, STR_DAY, ANA_MAT1, ANA_MAT2” değişkenleri için ayırt edici bir değer bulunmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) dolayı varyasyon katsayısı değerleri program tarafından hesaplanamamıştır. “DERIN_TT, TOP_RENK” özellikleri, diğer toprak özelliklerine göre en az değişkenlik (homojenlik); “RRD2, PR_TASLI, TUZLULUK, AYKIRI, AYKIRI2, PEDO_GOR, KESIK” özellikleri orta değişkenlik; “TEKSTUR, TAS_TIPI, YU_TASLI, YAPISKAN, PLASTIK, KIREC, REAKSIYON, A_M_ZONE, PEDO_GOR2, KESIK2” özellikleri ise yüksek derecede değişkenlik (heterojenlik) göstermektedir. Bir üst derinlikte yüksek derecede değişkenlik gösteren özelliklere bu derinlikte yukarıda sözü geçen birçok başka özellik daha eklenmiş ve bu derinlikte toprak özellikleri arasında heterojenliğin arttığı gözlenmiştir. Homojen dağılım gösteren özellikler azalırken, orta değişkenlik gösteren özelliklerin bir kısmı yüksek derecede değişkenlik göstermeye başlamıştır.

Veri setlerinin normal dağılıma uygunluğunun göstergelerinden olan çarpıklık ve basıklık değerleri de 30–90 cm derinlik için incelendiğinde çarpıklık katsayıları -2,80 ile 2,80; basıklık katsayıları ise -1,89 ile 5,89 arasında değişen söz konusu özelliklerin normal dağılıma uygunlukları ayrıca Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak da kontrol edilmiştir. Söz konusu bu kontrolün sonucunda; varyasyon katsayıları hesaplanabilen değişkenlerin normal dağılıma uygunluk göstermediği tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde varyasyon katsayıları 30–90 cm derinliği için hesaplanamayan yani diğer bir deyişle sabit değerler içerdiği için alansal dağılımlarında bir değişkenlik göstermeyen yukarıda belirtilmiş olan toprak özellikleri de jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır.

Çalışma alanındaki en alt derinlik olan 90+ cm derinlik için varyasyon katsayısı için en düşük olan değişken DERIN_TT olarak tespit edilmiştir. En yüksek varyasyon katsayısı ise SINIR_F ve SINIR_T değişkenlerinde bulunmuştur. Bu derinlik için toprak özelliklerinden ‘STR, STR_BUY, STR_DAY, REAKSIYON, TUZLULUK’ değişkenleri için ayırt edici bir değer bulunmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) dolayı varyasyon katsayısı hesaplanamamıştır. ‘DERIN_TT, ANA_MAT1, ORG_MAT’ özellikleri, diğer toprak özelliklerine göre en az değişkenlik; ‘RRD2, ANA_MAT2, PEDO_GOR’ özellikleri orta değişkenlik; geri kalan diğer özelliklerin de yüksek derecede değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Bu derinlikte homojenlik gösteren özelliklerin daha da azaldığı, dolayısıyla heterojenliğin arttığı görülmektedir. Sonuç olarak yapılan bu istatistiksel analizlerden, horizon boyunca derine inildikçe değişkenlerin alandaki dağılımlarında heterojenliğin arttığı tespit edilmiştir.

Veri setlerinin normal dağılıma uygunluğunun göstergelerinden olan çarpıklık ve basıklık değerleri de 90+ cm derinlik için; çarpıklık katsayıları -2,80 ile 3,09; basıklık katsayıları ise -1,98 ile 7,59 arasında değişen söz konusu özelliklerin normal dağılıma uygunlukları da “Kolmogorov-Smirnov” testi uygulanarak da kontrol edilmiştir. Aynı şekilde, varyasyon katsayıları bu derinlik için hesaplanamayan yani diğer bir deyişle sabit değerler içerdiği için alansal dağılımlarında bir değişkenlik göstermeyen yukarıda

belirtilmiş olan toprak özellikleri de bu derinlik için jeostatistiksel altlıklar olarak kullanılmamıştır.

Yüzey toprağı için korelasyon analizi sonuçlarına bakıldığında; toprak derinliğı ile tekstür arasında kuvvetli pozitif, tuzluluk arasında negatif tam ilişki; kök kısıtlayıcı derinlik ile tekstür, taş tipi, strüktür büyüklüğü ve dayanıklılığı, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif; profil taşlılığı ile taş tipi, yüzey taşlılığı vetoprak rengi arasında kuvvetli pozitif, strüktür tipi arasında negatif tam ilişki; taş tipi ile toprak rengi, profil taşlılığı ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif, reaksiyon arasında negatif tam ilişki; yüzey taşlılığı ile profil taşlılığı arasında kuvvetli pozitif ilişki; toprak rengi ile profil taşlılığı ve taş tipi arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür tipi ile reaksiyon ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki, profil taşlılığı arasında negatif tam ilişki; strüktür büyüklüğü ile strüktür dayanıklılığı, yapışkanlık, plastiklik, kireç ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür dayanıklılığı ile strüktür dayanıklılığı ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; yapışkanlık ile plastiklik arasında pozitif tam ilişki, kireç, strüktür büyüklüğü ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; plastiklikle yapışkanlık arasında pozitif tam ilişki, kireç, strüktür büyüklüğü ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; kireç ile strüktür büyüklüğü, yapışkanlık, plastiklik ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki; reaksiyon ile strüktür tipi ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki, taş tipi arasında negatif tam ilişki; derinlik arasında negatif tam ilişki; ana materyal bölgelemesi ile de reaksiyon, strüktür tipi ve kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki varlığı tespit edilmiştir.

Orta derinlikte ise; tekstür ile toprak derinliğı, kök kısıtlayıcı derinlik, toprak rengi, yapışkanlık, plastiklik ve kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki; toprak derinliğı ile toprak rengi, yapışkanlık, plastiklik ve tekstür arasında kuvvetli pozitif ilişki; kök kısıtlayıcı derinlik ile taş tipi, toprak rengi, yapışkanlık, plastiklik ve tekstür arasında kuvvetli pozitif ilişki; profil taşlılığı ile kireç, reaksiyon ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki; taş tipi ile horizontdaki pedolojik görünüm çeşitleri arasında pozitif tam ilişki,

pedolojik görünüm varlığı/yokluğu arasında negatif tam ilişki, kök kısıtlayıcı derinlik ile kuvvetli pozitif ilişki; toprak rengi ile tekstür, derinlik, kök kısıtlayıcı derinlik, yapışkanlık, plastiklik, kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür tipi ile büyüklük ve dayanıklılık arasında negatif tam ilişki; strüktür büyüklüğü ile dayanıklılığı arasında pozitif tam ilişki, tipi arasında negatif tam ilişki; strüktür dayanıklılığı ile büyüklüğü arasında pozitif tam, tip arasında negatif tam ilişki; yapışkanlık ile plastiklik, tekstür, derinlik, toprak rengi, kireç ve kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki; plastiklik ile yapışkanlık, tekstür, derinlik, kök kısıtlayıcı derinlik, renk ve kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki; kireç ile profil taşlılığı, renk, tekstür, yapışkanlık, plastiklik ve ana materyal bölgelemesi arasında kuvvetli pozitif ilişki; reaksiyon ile profil taşlılığı, tuzluluk, ana materyal bölgelemesi ve pedolojik görünüm varlığı/yokluğu arasında kuvvetli pozitif ilişki; tuzluluk ile reaksiyon arasında kuvvetli pozitif ilişki; ana materyal bölgelemesi ile reaksiyon, kireç ve profil taşlılığı arasında kuvvetli pozitif ilişki; aykırı horizon varlığı/yokluğu ile reaksiyon ve tuzluluk arasında kuvvetli negatif ilişki; aykırı horizon çeşitliliği ile reaksiyon ve tuzluluk arasında kuvvetli pozitif ilişki; pedolojik görünümünün varlığı/yokluğu ile taş tipi arasında negatif tam ilişki, ana materyal bölgelemesi ve reaksiyon arasında kuvvetli pozitif ilişki; pedolojik görünümünün çeşitliliği ile kök kısıtlayıcı derinlik arasında kuvvetli pozitif ilişki, taş tipi arasında pozitif tam ilişki; katmanlar arası litolojik kesilme çeşidi ile tekstür, renk, yapışkanlık, plastiklik, kireç arasında kuvvetli pozitif ilişki varlığı tespit edilmiştir.

En alt derinlikte toprak özellikleri arasındaki ilişkilere bakıldığında ise; organik materyal varlığı ile drenaj arasında negatif tam ilişki; tekstür ile derinlik, strüktür tipi, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; derinlik ile strüktür tipi arasında pozitif tam ilişki, tekstür, renk, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; taş tipi ile yüzey taşlılığı arasında kuvvetli pozitif ilişki; renk ile derinlik, strüktür tipi, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; strüktür tipi ile derinlik arasında pozitif tam ilişki, tekstür, renk, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki; yapışkanlık ile plastiklik arasında pozitif tam ilişki, tekstür, derinlik, renk ve strüktür tipi ile kuvvetli pozitif ilişki; ana materyal tanımı ile alt ayırımları arasında pozitif tam ilişki; aykırı horizon varlığı/yokluğu ile taş tipi, renk, yapışkanlık ve plastiklik arasında kuvvetli pozitif ilişki;

aykırı horizon çeşitliliği ile ana materyal zonlaması arasında kuvvetli pozitif ilişki varlığı tespit edilmiştir.

Her derinlik için korelasyon analizleri yapılan değişkenlerin daha sonra semivariogram parametreleri hesaplanmış ve Kriging interpolasyon yöntemi ile alansal dağılımları tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan toprak özelliklerinin dağılımlarının tahmininde kullanılan en uygun ve en düşük hatalı yöntemin Basit (Ordinary Kriging) yöntemi olduğuna karar verilmiştir. Semivariogram parametreleri incelendiğinde ise en çok kullanılan (en az hata veren) semivariogram modeli olarak küresel (spherical) bağlantı modelinin 32 kez, üssel (Exponential) bağlantı modelinin 15 kez ve Gaussian bağlantı modelinin 14 kez kullanılmış olduğu görülmüştür. 29 değişkenin semivariogram modeli, söz konusu değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde ve korelasyon analizlerinde de görüldüğü gibi, alansal dağılımlarda bir değişiklik yaratmadığından (bir başka deyişle her nokta için sabit değer içerdiğinden) hesaplanmamıştır.

Toprak özelliklerinin dağılımı belirlenerek karşılaştırma suretiyle elde edilen altlık sonuç haritasındaki toprak sınırlarının kantitatif yöntemle belirlenebilmesi için sınıflandırma işlemi kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki ayrı şekilde yapılmıştır. SPSS yazılımı ile otomatik olarak gerçekleştirilen kontrolsüz sınıflama uygulamasında K-Means ve TwoStep algoritmaları kullanılmış ve her iki algoritmanın da toprak haritası sınırlarını belirlemede uygun olmadığı tespit edilmiştir.

TwoStep algoritmasının dezavantajı olarak; sınıflandırma sonucunda yeni oluşturulan veri tabanlarına bakıldığında her iki veri seti için de farklı genetik özelliklere sahip toprakların aynı sınıf altında gösterilmesidir ki bu toprak haritasının güvenilirliğini önemli derecede düşürecek bir dezavantaj, göz ardı edilemeyecek bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yazılımın, sınıflandırma operasyonunu gerçekleştirirken bütün değişkenleri eşit ağırlıklı olarak değerlendirmeye alması ve değişkenlerin toprağın genetik özellik olup olmamasını dikkate almadan belirli oranda bir benzerliği yakaladığı taktirde poligonları aynı sınıfa koyması, söz konusu problemin karşımıza çıkmasının sebebidir.

Sınıflandırma işleminin en başında, sınıf sayısının belirtilmesi ve bu sayının belirlenirken herhangi bir bilimsel dayanağın olmaması K-Means algoritmasının dezavantajlı yanı olarak tespit edilmiştir. Bir diğer dezavantaj da; toprak özelliklerinin, kontrolsüz sınıflama ile sınıflandırılarak yeni oluşturulan veri tabanlarına bakıldığında farklı genetik özelliklere sahip toprakların yine aynı sınıf altında gösterilmesi olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak elde edilen altlık haritalara göre, kontrolsüz sınıflama yöntemleriyle otomatik sınıflanan altlık haritanın veri tabanlarındaki en büyük problem farklı genetik özelliklere sahip toprakların aynı sınıf altında gösterilmesidir. Yazılımın, sınıflandırma operasyonunu gerçekleştirirken bütün değişkenleri eşit ağırlıklı olarak değerlendirmeye alması ve değişkenlerin toprağın genetik özellik olup olmasını dikkate almadan belirli oranda bir benzerliği yakaladığı takdirde poligonları aynı sınıfa koyması bu problemin karşımıza çıkmasının sebebidir. Farklı genetik özelliklere sahip poligonların aynı toprak sınıfı altında gösterilmesi genel haritalama sistematiğine aykırı olduğundan, farklı genetik özelliklerin mutlaka yeni bir sınıf olarak gösterilmesi zorunluluğundan dolayı bu altlıklar geçerliliklerini yitirmiş oldukları tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında hazırlanmış olan bir veritabanı ile kontrolsüz sınıflama yöntemlerinin pedometrik haritalamada kullanılmalarının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

İnterpolasyon yöntemiyle hazırlanıp SQL sorgulama ile sınıflandırılan toprak haritasının bazı eksiklikleri bulunmakla birlikte, gerçek toprak haritasına en yakın sonucu veren harita olduğu anlaşılmaktadır. Bu haritanın veri tabanına bakıldığında, 0 numaralı sınıf ile gösterilen ve geçiş horizonlarındaki heterojen yapıdaki karmaşık kombinasyonları içeren ve çok küçük poligonlardan oluşan sınıf haricinde diğer bütün poligonlar kendi sınıfları içinde tamamen homojen bir dağılıma sahip oldukları görülmektedir. Her bir sınıfta aynı genetik özellikleri barındıran poligonlar bir arada bulunmaktadır ve o poligonların her biri, farklı bir toprak sınıfına işaret etmektedirler.

Söz konusu bu harita incelendiğinde, hazırlanan haritada sınıflar arası geçiş zonları, sayısal değerlerle hesaplanarak bu alanlarda kendiliğinden oluşan tampon bölgeler atanmış gibidir. Geleneksel yöntemle hazırlanan haritanın sınırları, çoğunlukla bu tampon bölgelerin tam ortasından geçmektedir. Bir başka deyişle, toprak uzmanı sınırları çizerken, iki sınırın arasındaki geçişim bölgelerindeki karışık özellikleri olan alanı, kendiliğinden insiyatif kullanarak veya mental yeteneklerinin öngörüsü ile tam ortadan ikiye böler gibi bir gibi bir yaklaşım içerisinde. Bir uzmanın, örneğin hava fotoğrafı yorum haritasında aynı alan için (farklı zamanlarda yapacağı yorumlara ya da birbirinden bağımsız çalışan iki farklı uzmanın farklı zamanlarda aynı alan için yapacağı yorumlara dayalı olarak) her defasında geçirecekleri farklı sınır yerleri arasındaki alanlar bir araya toplanacak olur ise muhtemelen bu alan, pedometrik yöntemde ortaya çıkan bu tampon bölgeye karşılık gelecektir. Buna göre, geleneksel yöntemin vazgeçilmezi olan ve hata olasılığı yere, zamana, deneyime, uzmandan uzmana, uzmanın günlük performansına ve günlük mental yapısına bağlı olarak riskleri çoklu olan uzman insiyatifi yerine, sağlıklı ve güvenilir sayısal bir veri tabanı ve güvenilirliği kanıtlanmış sayısal analiz modellerinin kullanıldığı bu çalışmada sistemin oluşturduğu tampon bölge, tam ortadan sınır geçirilmek suretiyle ikiye ayrıldığında, geleneksel yöntem ile belirlenmiş olan orta sınırlardan daha doğru ve güvenilir toprak sınırlarının oluşturulacağı kesindir.

Sayısal yöntemle hazırlanan sonuç haritasının (SQL sorgulama yapılarak kontrollü olarak sınıflandırılan) geleneksel yöntemle hazırlanan harita ile kıyaslandığında alansal olarak %72,4'lük bir uyum saptanırken, geleneksel yöntemle hazırlanmış olan toprak haritasının barındırdığından çok daha detaylı bilgi elde edildiği tespit edilmiştir.

Toprak gibi karmaşık bir yapıya ait arazi koşullarında toplanan noktasal değişkenlerin etki alanları boyunca kapladıkları alanların dağılımının bulunması ve daha sonra elde edilen her bir altlık haritanın yansıttıkları değişkenlerin alansal sınırlarının çakıştırılmasıyla elde edilen elementel toprak haritasının oluşturulmasında kullanılan yöntemler bütünü, pedolojik değişkenlerin analiz edilmesinde başarıyla kullanabildiği netlikle tespit edilmiştir.

Söz konusu bu yöntemler bütünü kapsamında kullanılan jeoistatistiksel hesaplamalar (semivariyogramlar ve Kriging Interpolasyon) ve SQL sorgulama tekniklerinin toprak özelliklerinin haritalanması ve toprak haritasının hazırlanması kapsamında başarıyla kullanılabildiği görülmüştür.

Çalışma alanına ait coğrafi verilerin pedolojik değişkenler ile ilişkilendirmesinde elde edilen sonuçlara baktığımızda; Yükseklik sınıflarının çalışma alanında kapladıkları yüzeylerin alansal ve oransal büyüklüklerine göre alanda yer alan her bir yükseklik kotuna ayrı bir sınıf atanmıştır. Alanda en çok 5 ve 8 metre yükseklik kotunda yayılım görülmektedir ve alanın yaklaşık %32,5'luk bir kısmını kaplamaktadır. Yine bu çizelgeye göre alanın büyük bir kısmı 4'den 9'a kadar sıralanmış olan eğim sınıflarında yer almaktadır ve bu sınıflar, çalışma alanının yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Çalışma alanı için yükseklik analizi ile hazırlanmış olan altlıktaki eşyüksekti eğrilerinin tanımladığı poligonların frekansları incelendiğinde, beş farklı poligon yoğunlaşmasının olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma alanında da beş (2 kolüvyal, 3 alüvyal yelpaze) adet toprak serisinin var olduğu dikkate alındığında, yükseklik analizine dayalı frekans dağılımlarının, pedometrik haritalamada kullanılabileceğine işaret etmektedir.

Eğim analizi altlık haritasından görülmektedir ki, alüvyal yelpaze toprakları az eğimli düz alanlarda (1 numaralı eğim sınıfı) yer almakta iken, kolüvyal topraklar alüvyal yelpazeye göre daha yüksek eğimli arazilerde (2 numaralı eğim sınıfı) yer almaktadırlar. Eğim sınıflarının çalışma alanında kapladıkları yüzeylerin büyüklüğü incelendiğinde, alanın %72,14'lük en büyük kısmı %0–2 eğime sahipken, ikinci sırada alanın yaklaşık %17'sini kaplayan %2–4 eğimin gelmekte olduğu görülmektedir. Alüvyal yelpaze jeomorfolojik ünitesinin topraklarının tamamına yakını %2–4'lük eğim üzerinde bulunurken, kolüvyal toprakların büyük bir çoğunluğu da %4–7 eğimde dağılım gösterdiği görülmektedir.

Eğim yönü sınıflarının çalışma alanında kapladıkları yüzeylerin büyüklüğü incelendiğinde, alanda baskın olan eğim yönü, %26,64'lük bir oranla güneye yönelmiş eğim yüzeyleridir. İkinci sırayı alandaki toprakların % 20'lik bir kısmının yöneldiği güneydoğu, üçüncü sırayı da düz alanlar (%12,5) almaktadır. Alüvyal yelpaze toprakları ile kolüvyal arazilerdeki toprakları ayırt edebilecek bir yönelim araştırıldığında görülmektedir ki alandaki baskın eğim yönelimi güney olduğuna göre özellikle bu eğim yönüne dik olan eğim yöneyleri (doğu ve batı yönelimler) kolüviyalleri, eğim yönelimine paralel (güney) ve hem de düşük kotlarda (1 numaralı bakı ve eğim sınıfı) yer alan alanlar da aluviyalleri göstermektedir. Eğim yüzdesi yüksek toprakların (2 nolu eğim sınıfı) alansal olarak en çok doğuya (4 nolu bakı sınıfı) yönelim göstermekte olduğu ve bu alanların da kolüvyal alanlara tekabül etmekte olduğundan söz konusu bu durumun bu altlıklar ile netlikle ayırt edilebilmekte ve doğrulanabilmekte olduğu görülmektedir. Benzer şekilde eğim yönüne paralel (6 numaralı sınıf, güney yönelim) ve düz olan (1 numaralı sınıf) bakı sınıflarının tamamına yakınının düşük eğim yüzdelerinde bulunan alanlar olduğu, bu alanların da alüvyal yelpaze arazileri olduğu görülmektedir.

Coğrafi değişkenlerden bir diğeri olan profil eğriliği analizinden alanın %58,16'sı depolanma alanlarından, % 41,83'ü de aşınım alanlarından oluştuğu görülmektedir. Kolüvyal alanlarda büyük bir oranda aşınım alanları görülürken, büyük depolanma bölgeleri genellikle alüvyal yelpazede yer almaktadır.

Pedolojik değişkenlere ait altlıklar ile coğrafi değişkenlere ait altlıkların karşılaştırılması sonucunda elde edilmiş olan altlık incelendiğinde, bu coğrafi altlık ile elementel toprak haritasındaki toprak sınıfları arasında da sınıfları şekillendiren ya da tanımlayan bir ilişki tespit edilmemiştir. Daha önce belirtildiği üzere karşılaştırılan coğrafi altlıkların oluşturduğu sınıfların veri tabanında ya da değişkenlerin kombinasyonu arasında anlamlı bir ortaklık ya da kümeleşme de tespit edilmemiştir. Bu sebeple coğrafi altlıkların karşılaştırılarak tek bir altlık şeklinde kullanılmasındansa bu altlıkların ayrı ayrı birer altlık olarak ele alınarak pedometrik değişkenler ve jeomorfolojik üniteler ile ilişkilerinin incelenmesi ve farklı

toprak çeşitlerini etkileyebilecek unsurların ortaya çıkarılarak tanımlanmasının daha faydalı ve anlamlı bir yaklaşım olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple, pedometrik yöntemle hazırlanan elementel toprak haritası, coğrafi değişkenlerin herbiri ile ayrı ayrı karşılaştırılarak ilişkileri tanımlanmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca her bir coğrafi değişkenin toprak haritasının sınırlarını tanımlanan söz konusu bu ilişkiler ile şekillendirip şekillendirmeyeceği ya da netleştirip netleştirmeyeceği kontrol edilmiştir.

Sonuç olarak yapılan analizlerden coğrafi değişkenlerden “yükseklik ve eğim” parametreleri ile ortak pedometrik değişkenlere sahip olan toprak serileri ve onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında; “eğim yönü” parametresi ile yalnızca jeomorfolojik üniteler arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre de pedolojik değişkenler ile bu coğrafi değişkenler arasında var olduğu saptanan bu ilişkinin sayısal toprak haritalamada kullanılabilecek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür. Ancak profil ve plan eğriliği analizlerinin toprak serileri veya onların üzerinde yer aldığı jeomorfolojik üniteler arasında herhangi bir belirgin ilişkinin bulunduğunu söylemek oldukça zordur. Bu sonuca göre söz konusu bu coğrafi değişkenlerin karmaşık bir yapıda bulunduğu bu çalışma alanı için sayısal toprak haritalamada kullanılabilecek düzeyde olmadığını söylemek mümkündür.

Çalışma alanına ait coğrafi verilerin toprak haritası ile ilişkilendirmesinde elde edilen sonuçlara baktığımızda ise; alandaki yüksekliğin güneydoğudan kuzeybatıya doğru artış gösterdiği ve kolüvyal arazilerin 7 m yüksekliğinden yukarıda ve alüvyal arazilerin ise 8 m yüksekliğinden aşağıda bulunmakta oldukları bu altlık haritadan tespit edilmiştir. Yükseklik coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek birkaç husus tespit edilmiştir. Buna göre kuzeydeki 1 numaralı sınıf ile 12 numaralı sınıf arasındaki tampon bölge 10 m’lik eşyüksele eğrisi sınırından; 1 ile 6 numaralı sınıflar arasındaki sınır da 10 m’lik eşyüksele eğrisi sınırından çizilebilir. Bunların yanı sıra, toprak sınıflarının sınırları birkaç noktada da yükseklik eğrileri ile çok doğru örtüşmektedir. Güneybatıdaki kolüvyal alan üzerinde 6 numaralı toprak sınıfının

sınırı, tam olarak 9 m'lik eşyüksekti eğrisinden geçmekte ve şekil itibariyle de bu eğriye benzemektedir. Güneydeki 11 numaralı toprak sınıfının sınırı da benzer şekilde 7 m'lik yükseklik kotuna dayanmıştır.

Çalışma alanındaki toprak sınıflarının eğim yüzdesi altlığı ile ilişkilendirilmesinden; kolüvyal arazilerin alüvyal taban arazilere göre daha yüksek eğimli alanlarda yer aldığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki toprak sınıflarının eğim yönü altlığı ile karşılaştırılmasından; 3 ve 13 numaralı sınıfların kuzeye; 10 numaralı sınıfın kuzeydoğuya; 2, 6 ve 11 numaralı sınıfların doğuya; 5 ve 8 numaralı sınıfların güneydoğuya; 0,1,4,7 ve 9 numaralı sınıfların güneye ve 12 numaralı sınıfın da en çok güneybatıya yönelim gösterdiği tespit edilmiştir. Alanın tümüne yönelik analiz yapıldığında, çalışma alanındaki arazi yüzeyinin en çok güney (%26,4) ve güneydoğu (%19,41) yönlerine baktığı görülmüştür. Ancak eğim yönü coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek bir ayırım saptanmamıştır.

Çalışma alanındaki toprak sınıflarının profil eğriliği altlığı ile karşılaştırılmasından 5 ve 12 numaralı sınıflar hariç bütün sınıfların negatif profil eğriliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. 5 ve 12 numaralı sınıflarda görülen pozitif profil eğriliği, bu alanların yukarı doğru iç bükey alanlar olduğunu yani depolama alanları olduğunu göstermektedir. Bu sınıflar kuzeydeki kolüvyal arazilerde yer alan toprak sınıflarıdır. Profil eğriliği coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için kuzeydeki kolüvyal araziler dışında toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek bir ayırım saptanmamıştır.

Çalışma alanındaki toprak sınıflarının plan eğriliği altlığı ile karşılaştırılmasından 6 numaralı sınıf hariç bütün sınıflar negatif plan eğriliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. 6 numaralı sınıfta görülen pozitif plan eğriliği, bu alanın dışarı doğru iç bükey alanlar

olduğunu ifade etmektedir. Bu sınıf kuzeybatı ve güneybatıda yayılım gösteren kolüvyal arazilerde yer alan toprak sınıflarıdır ve bu arazilerde yüksek arazilerden aşağıya doğru su akışının izlenebileceği alanlar olduğuna işaret etmektedir. Plan eğriliği coğrafi değişkeninden, çalışma alanı için söz konusu kolüvyal araziler dışında toprak sınıfları üzerinde ayırt edici olabilecek bir ayırım saptanmamıştır.

Öngörülen genel çalışma yöntemi prensipleri bütününde önem arz eden ve mutlaka değerlendirmeye alınması gereken bir basamak olan “diğer yardımcı verilerin hazırlanması” basamağı olarak jeolojik yapı ve bölgesel iklim gibi verilerin daha küçük ölçeklerde farklılıklar yaratan, bu tür detaylı toprak haritalama çalışmaları için toprak sınıflarını belirleyici büyüklükte değişiklik göstermeyen özellikler olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma alanı ölçeğinde değerlendirildiğinde iklimsel ve jeolojik yapı olarak farklılık gösteren yapılara rastlanmadığı için bu değişkenlerin sınıflama boyutunda bir avantaj sağlamadığı görülmüştür. Toprağın sıcaklık verisine dair bilgi, gerekli teknik donanım olmadığı için arazi çalışması sırasında toplanamamıştır. Ana materyal ve jeomorfolojik yapı bilgileri pedolojik değişkenler ile birlikte ele alınmış ve pedolojik değişkenlerin hazırlanması bölümünde sınıflandırma sistematğine katılarak katkı sağlamıştır. Bitki örtüsü, vejetasyon tipi ve yoğunluğu, 1967–2006 yılları arasındaki arazi kullanım ve parsel şekillerindeki değişim gibi toprak genetiğine ait olmayan ancak toprak sınıflarını belirlemede toprak uzmanına büyük yararlar sağlayan ve araziye dair detayları içeren yardımcı verilerin, toprak sınıflarını belirleme sistematğine büyük katkı sağladıkları tespit edilmiştir.

Yukarıda sıralanan sonuçların dışında, reaksiyon (pH) değişkeninin eğim yüzdesiyle bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Eğim oranının yüksek olduğu kolüvyal alanlarda reaksiyon düşük (nötral-pH 6.6–7.3), düzlük ve düşük eğimli alüvyal alanda toprak düşük alkali (pH 7.4–7.8), yani reaksiyon değeri yüksek olduğu altlık haritalardan tespit edilmiştir.

Özellikle coğrafi altlıkların (DEM'den elde edilen yüzey analizleri) hazırlanmasında en önemli veri olan eşyüksekti eğrilerinin bu tür detaylı toprak haritalama çalışmalarında çok büyük önem arz ettiği bu araştırma uygulamasında bir kez daha teyit edilmiştir. Harita mühendisleri tarafından hazırlanan 1/1.000 ölçekli eşyüksekti eğrileri haritasının doğruluğu ve güvenilir olmasının bu tür çalışmalarda çok önemlidir. Bu haritanın yanlış olması durumunda karşımıza birçok problem çıkabilmekte ve çalışmanın devamında hazırladığımız diğer bütün altlıklar da hatalı olabilmektedir. Örneğin; alandaki birikim ve çöküntü (plan-profil eğriliği) potansiyellerinin netlikle ayırt edilebilmesinde ciddi problemler yaşanacaktır. Oysa geleneksel haritalama çalışmalarında, uzman kendi gözüyle gördüğünü analiz ettiği için altlık harita yanlış bile olsa kararı değişmeyecek, yorumunu ona göre yapabilecektir. Sayısal ortamda yürütülen çalışmalarda ise veri neyse sonuç da ona bağlı çıkacağından altlık haritaları hazırlayan uzmanların güvenilirliği çok büyük önem arz etmektedir. Yine aynı şekilde, alüvyal yelpaze ve kolüvyaller gibi jeomorfolojik ünitelerin ayırt edilebilmesi eşyüksekti eğrileri ile yapılan yükseklik analizinden mümkün olduğundan, bu verilerin doğru olması ünitelerin ayırt edilmesine de etki edecektir.

Ayrıca çalışma alanında mevcutta olmayan ancak toprak sınıflarının oluşumunu etkilemesi açısından, eski göl tabanlarına dayalı etki alanları (drenaj basamakları; 0–50 cm, 50–90 cm vb.) ayırt edilmelidir. Bu ayırımı drenaja yönelik detaylı yükseklik veirsinin kullanılmasıyla ortaya çıkarılabilir. 15 m kotunda bir alanda bile olsa, eski göl tabanlarında; 15.50 m kotu, fena/çok fena drenajlı; 16.00 m kotu ise orta drenajlı olarak tanımlanabilir.

Bu tez çalışması boyunca görülmüştür ki, sadece sayısal altlıklar kullanarak toprak haritası büyük doğrulukla ve geleneksel yöntemle olduğundan daha fazla çeşitlikle yapılabilmektedir. Bu noktada önemli olan, arazi çalışmaları ile toplanan verinin ve bunun için hazırlanan veri tabanının doğruluğu ve güvenilirliği kadar kullanılan diğer verilerin de doğruluğu ve güvenilirliği ve jeoistatistiksel analizlerde en düşük hata veren modelin ve veri çiftlerinin belirlenmesinde gösterilen dikkattir. Veri sağlam ve doğru girildiği sürece

uzman gözünden kaçan detayların bile bu yöntemle yakalanabileceği bu çalışma ile kanıtlanmıştır.

Ayrıca, geleneksel yöntemle hazırlanan toprak haritaları birçok alanda kullanım açısından en önemli veri kaynağı olmalarına rağmen toprak özelliklerine ait değişimleri minimum, maksimum ve ortalama değer gibi sayısal verileri bünyesinde bulundurmamasının önemli bir eksik olduğu, jeostatistik tekniklerle hazırlanan haritalarda bu tür verileri sağlamanın oldukça kolay olduğu da vurgulanması gereken önemli detaylardır. Ayrıca, jeostatistik tekniklerle haritalama yapmak üzere veri toplandığında amaca yönelik (belli bir özelliğe ait alt sınır değeri, kritik değer gibi) özel haritaların hazırlanması da mümkündür.

Temel toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde toprak özelliklerine ait bilgilere ihtiyaç duyulduğunda araziden örneklemeye veri toplayıp, bu verileri jeostatistik teknikler yardımıyla işlenip haritalandırıldığımız bu yöntem kullanılabilir. Hazırlanan haritalar CBS teknolojisi yardımıyla istenilen amaca yönelik olarak analiz edilip kullanılabilir.

Toprak uzmanının, toprak haritalama sistematüğini gerçekleştirirken kurduğı ilişkilerin, dikkate aldığı spesifik noktaların ve bir toprak haritalama çalışmasında mutlaka olması gerektiğı düşündüğü parametrelerin sözlü ve yazılı olarak tanımlanması, toprak uzmanının toprak haritasını hazırlarkenki bilişsel işleyişinin ortaya çıkarılması açısından çok önemlidir. Bu sebeple, bu tez çalışmasında kullanılan araştırma ve haritalama sistematüğü de bir toprak uzmanının kendi kullandığı ifadeleri ve kendi sistematiklerinin detaylarını içerdiğinden, bir veri kütüphanesi olarak algılanması açısından da çok önemlidir.

6. KAYNAKLAR

- AKBAŞ, F. ve DURAK, A. 2006. Entisol Ordosuna ait bir arazide bazı toprak özelliklerinin değişiminin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39), sayfa 43–52.
- AKBAŞ, F. ve YILDIZ, H. 2004. Toprak Özelliklerinin Haritalanmasında Jeostatistiksel Tekniklerin Kullanımı.3.Coğrafi bilgi sistemleri bilişim günleri bildiri kitabı. 6–9 Ekim 2004.
- AKGÜL,M., ÖZTAŞ, T. ve CANBOLAT, M.Y. 1995. Atatürk Üniversitesi çiftliği topraklarında tekstürel değişimin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt I, Sayfa 82–92, Ankara.
- ANONİM, 2007. Tekirova Beldesi Jeolojik Etüd Raporu, Antalya.
- AŞKIN, T. 2002. Toprak Aşınabilirliğinin Topoğrafik Pozisyonla İlişkili Olarak Jeostatistiksel Tekniklerle Değerlendirilmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Doktora Tezi
- BAŞAYIĞIT, L., ÖZTEKİN, E., DİNGİL, M., ŞENOL, S., DİNÇ. U. 1999. Detailed Soil Mapping of the Adıyaman-Kâhta Irrigation Project Area Using Digital Satellite Data, M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey.
- BAŞKAN, O.2004. Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik-fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara, 154 ss.
- BOUMA, J. and P.A. FINKE. 1993. Origin and nature of soil resource variability. p 3-15. In Robert, P.C., R.H. Rust, and W.E. Larson(eds) Proceedings of first Workshop, Soil Specific Crop Management. Minneapolis, Mn. April 14–16, 1992. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- BUI, E.N.2004. Soil survey as a knowledge system, Geoderma 120; 17–26.
- BUI, E.N., LOUGHEAD, A. and CORNER, R. 1999. Extracting soil-landscape rules from previous soil surveys. Australian Journal of Soil Research 37, 495–508.
- BURROUGH, P.A. 1991. Sampling designs for quantifying map unit composition . p 89–127. In Mausbach, M.J. and L.P. Wilding (eds) Spatial variability of soils and landforms. SSSA special publication number 28. Soil science society of America, inc. Madison, Wisconsin, USA.

- CAMBERDELLA, C.A., MOORMAN, T.B., NOVAK, J.M., PARKIN, T.B., KARLEN, D.L., TURCO, R.F., and KONOPKA, A.E., 1994. Field-Scale Variability soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of American Journal* 58, 1501–1511.
- CARRE, F. and GIRARD, M.C. 2002. Quantitative mapping of soil types based on regression kriging of taxonomic distances with landform and land cover attributes. *Geoderma* 110, 241–263.
- CARRE, F. and MCBRATNEY, A.B. 2005. Digital Terrain Mapping, *Geoderma* 128; 340–353.
- CARRE, F., MCBRATNEY, A.B., MAYR, T. And MONTANARELLA, L. 2007. Digital Soil Assessments: Beyond DSM , *Geoderma* 142; 69-79.
- CARRE, F., MCBRATNEY, A.B., and MINASNY, B. 2007. Estimation and potential improvement of the quality of legacy soil samples for digital soil mapping. *Science Direct, Geoderma* 141, 1–14.
- CARRE, F., and JACOBSON, M. 2009. Numerical classification of soil profile data using distance metrics. *Geoderma* 148, 336–345.
- CLINE, M.G. 1967. Basic principles of soil classification. *Selected papers in soil formation and classification. Soil Science Society of American Journal*, 1: 381–392.
- DE BRUIN, S. and STEIN, A. 1998. Soil-landscape modelling using fuzzy c-means Clustering of attribute data derived from a digital elevation model (dem). *Geoderma*, 83:17-33.
- DI, H.J., TRANGMAR, B.B., and KEMP, R.A. 1989. Use of Geostatistics in Designing Sampling Strategies for Soil Survey. *Soil Science Society of American Journal*, 53(4); 1163–1167.
- DİNÇ, U., SARI, M., ŞENOL, S., YEĞİNGİL, I. and PEŞTEMALCI, V. 1988. Computer Assisted Soil Mapping of The Seyhan River Plain Using Landsat TM Data. ISSS Commission V. 5th Symposium of The Working Group Remote Sensing "Remote Sensing is a Tool For Soil Scientist." Budapest, Hungary.
- DİNÇ, U., SARI, M., ŞENOL, S., ve YEĞİNGİL, I. 1992. Mardin-Ceylanpınar Ovaları Toprak Kaynaklarının Temel Özellik ve Dağılımlarının Belirlenmesi, İdeal Arazi Kullanım Planlarının Hazırlanması, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yay. No: 15, GAP Yay. No: 52, Adana.
- DİNÇ, U., YEĞİNGİL, I. ve PEŞTEMALCI, V. 1994. Uzaktan Algılama Ders Notu, Adana.

- DİNÇ, U., ŞENOL, S. 1997. Toprak Etüd ve Haritalama Ders Kitabı No: 50, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 161, Adana.
- DİNÇ, U., KAPUR, S., ÖZBEK, H. ve ŞENOL, S. 2001. Toprak Genesisi ve Sınıflandırması, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Ders Kitabı, No: c-130, Adana.
- DOBOS, E., MICHELI, E., BAUMGARDNER, M.F., BIEHL, L., and HENGL, T. 2000. Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. *Geoderma*, 97(3-4), 367–391.
- DOBOS, E., CARRE, F., HENGL, T., REUTER, H. and TOTH, G, 2006. Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123, 68pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- DOBOS, E. and HENGL, T. 2009. Soil Mapping Applications, GEOMORPHOMETRY Concepts, Software, Applications, Developments in Soil Science, Volume 33. Elsevier. Pp461–480.
- ERŞAHİN, S. 1999. Aluviyal Bir Tarlada Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Toprak Özelliklerinin Uzaysal (Spatial) Değişkenliğinin Belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 13 (19) 34–41.
- ERŞAHİN, S., GUNAL, H., KUTLU, T., YETGİN, B., ve COBAN, S. 2003. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. *Soil Sci., Soc., Am., J.* 67: 1848-1855.
- FAO, UNESCO 1990. Soil Map of The World. Revised LEgend. World Soil Resource Report 60. Rome.
- GIRARD, M. C., AND L. A. ISAVWA. 1990. Remote sensing of arid and semi-arid regions: The State of the art. *Natural Resources* 26, no. 1: 3-8
- GUNAL, H. ve ERSAHİN, S. 2006. Toprak Özelliklerinin Tahmininde Sayısallaştırılmış Renk Parametrelerinin Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* Cilt 12 Sayı 1 sayfa 85-92.
- HAMLETT, J.M., HORTON, R., CRESSIE, N.A.C. 1986. Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analysis. *Soil Science Society of American Journal* 50; 868–875.
- HAMMER, R.D., ASTROTH, Jr.J.H., HENDERSON, G.S. and YOUNG, F.J. 1991. Geographic information systems for soil survey and land-use planning in Spatial

Variabilities of Soil and Landform. SSSA Special Pub.No:28 pp 243-270 Soil Science Society of America. Inc. Madison. Wisconsin. USA.

- HAMMER, R.D., YOUNG, F.J., WOLLENHAUPT, N.C., BARNEY, T.L. and HAITHCOATE, T.W. 1995. Slope Class Maps from Soil Survey and Digital Elevation Models. *Soil Science Soc. Am. J.*, 59: 509-519.
- HENGL, T. 2003. *Pedometric Mapping*, PhD Thesis (published), Wageningen University, 214 pp.
- HENGL, T., HEUVELINK, G.B.M., and STEIN, A. 2004. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Science Direct, Geoderma* 120, 75–93.
- HENGL, T., and REUTER, H. 2009. *Software Packages Used in Geomorphometry, GEOMORPHOMETRY Concepts, Software, Applications, Developments in Soil Science*, Volume 33. Elsevier. Pp.255–430.
- ISAACS, E.H. and SRIVASTAVA, R.M. 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, USA, 553 pp.
- JENNY, H. 1994. *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology*. Dover publications, inc. New York.
- KILIÇ, K. ve KILIÇ, S. 2006. Spatial Variability of Salinity and Alkalinity of a Field Having Salination Risk in Semi-Arid Climate in Northern Turkey. *Environmental Monitoring Assessment* 127: 55–65.
- KRASILNIKOV, P., CARRE, F. and MONTANARELLA, L. 2008. *Soil Geography and Geostatistics*. JRC Scientific and Technical Reports, EUR 23290 EN, Luxemburg.
- LARK, R.M., BISHOP, T.F.A., and WEBSTER, R. 2007. Using expert knowledge with control of false discovery rate to select regressors for prediction of soil properties. *Geoderma* 138; 65–78.
- MC BRATNEY, A.B and WEBSTER, R. 1986. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science*, 37; 617–639.
- MCBRATNEY, A.B., ODEH, I.O.A., BISHOP, T.F.A., DUNBAR, M.S., and SHATAR, T.M. 2000. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*, 97(3-4), 293–327.
- MC BRATNEY, A.B, MENDONÇA SANTOS, M.L. and MINASNY, B. 2003. On Digital Soil Mapping. *Geoderma* 117; 3–52.

- MIAO, Y., MULLA, D.J, ROBERT, P.C. 2006. Spatial Variability of Soil Properties, Corn Quality and Yield in Two Illinois, USA Fields: Implications for Precision Corn Management. *Precision Agriculture* 7; 5–20
- MOKMA, D.L.1987. Soil Variability of Five Landforms in Michigan. *Soil Survey Land Eva.* 7: 25–31
- MULLA, D.J. 1993. Mapping and managing spatial patterns in soil fertility and crop yield. In Robert, P.C., R.H. Rust, and W.E. Larson(eds) *Proceedings of first Workshop, Soil Specific Crop Management.* Minneapolis, Mn. April 14–16, 1992. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. p 15–27.
- MULLA, D.J. and GOTWAY, C.A. 1997. Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. p. 19-54. In: F.J. Pierce and E.J. Sadler (eds.), *The State of Site Specific Management for Agriculture.* ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI.
- MULLA, D.J. 1997. Geostatistics, remote sensing and precision farming. In: A. Stein and J. Bouma (eds.), *Precision Agriculture: Spatial and Temporal Variability of Environmental Quality.* Ciba Foundation Symposium 210. Wiley, Chichester p.100–119.
- MULLA, D.J., and SCHEPERS, J.S. 1997. Key processes and properties for site-specific soil and crop management. p. 1–18. In: F.J. Pierce and E.J. Sadler (eds.), *The State of Site Specific Management for Agriculture.* ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI. Wollenhaupt, N.C.
- MULLA, D. J. 1998. Geostatistical and sampling design applications in precision agriculture. pp. 77–92. In: A. Stein, M. K. Van Ittersum, and G. H. J. De Koning (eds.), *Active Methodology: Quantitative Approaches in Systems Analysis.* No. 19. DLO Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility. Wageningen, Netherlands
- MULLA, D. J. and McBRATNEY, A.B. 2000. Soil spatial variability. In: M. Sumner (ed.), *Handbook of Soil Science.* CRC Press, Boca Raton, FL.
- MULLA, D.J. and McBRATNEY, A.B. 2001. *Soil Spatial Variability.* Handbook of Soil Science. CRS Pres.
- NORDT, L.C., JACOB, J.S., WILDING, L.P.,1991. Quantifying Map Unit Composition for Quality Control in Soil Survey.p. 183-197 In: *Spatial Variabilities of Soils and Landforms.* Editors: Mausbach, M.J. And Wilding, L.P. Soil Sci. Soc. of America, Inc, Madison Wisconsin, USA

- OLAYA, V. 2009. Basic Land-Surface Parameters, GEOMORPHOMETRY Concepts, Software, Applications, Developments in Soil Science, Volume 33. Elsevier. Pp 141–169.
- ONGUN, A.R. 2008. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Uzaysal Değişkenliğinin Saptanması, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Doktora Tezi
- OVALLES, F.A. and COLLINS, M.E. 1998. Evaluation of soil variability in Northwest Florida using geostatistics. Soil Science Society of American Journal 52, 1702–1708.
- OLIVER, M.A. 1987. Geostatistics and its application to soil science. Soil Use and Management, 3(1); 8–19.
- ONGUN, A.R. 2008. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Uzaysal Değişkenliğinin Saptanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir.
- ÖZMUTAF, N.M. 2004. Biyoistatistiğe Giriş. Ege Üniversitesi Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Yayınları No:3 İzmir.
- ÖZTAŞ, T. 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Cilt I, 271–280, Ankara.
- ÖZTAŞ, T. 1996. Eğimli bir arazide erozyonla kaybolan toprak derinliğindeki değişimin Kriging analizi ile belirlenmesi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı, 327–335, 13–15 Mayıs, Mersin.
- ÖZTEKİN, E., BAŞAYIĞIT, L., DİNGİL, M., ŞENOL, S., DİNÇ, U. 1999. The Relationships Between the Reflection Values and Soil Properties of the Some Selected Soils in the Southern East Anatolia Turkey, M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey.
- RILEY, K.F., HOBSON, M.P. and BENCE, S.J. 2006. Mathematical methods for physics and engineering. Third Edition. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- ROGOWSKI, A. S. and WOLF, K.J. 1994. Incorporation Variability into Soil Map Unit Delineation. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:163-174
- SARI, M., DİNÇ, U., ŞENOL, S., ve KAPUR, S. 1986. Karstik Toprakların Oluşu, Önemli Fiziksel, Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri ile Sınıflandırılması. Toprak İlmi Derneği 9. Bilimsel Toplantısı, Yayın No: 4, s:6-1/6-9, ANKARA.

- SARI, M. 1987. LANDSAT-4 Uydu Sayısal Verileri Yardımıyla Detaylı Temel Toprak Haritalarının Oluşturulması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü No: 84, Adana.
- SARI, M. ve ALTUNBAŞ, S.2002. Jeomorfoloji. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Ders Notu, Antalya.
- SARI, M., SÖNMEZ, N.K., AKSOY, E., TUNÇ, E. ve SAYDAM, Ş. 2008. Tekirova Beldesi Sürdürülebilir Arazi Yönetim Planı Raporu. Akdeniz Üniversitesi Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Antalya.
- SCULL, P., FRANKLIN, J., CHADWICK, O.A. and MCARTHUR, D. 2003. Predictive soil mapping: a review. Progress in Physical Geography, 27(2), 171–197.
- SOIL SURVEY MANUAL, 1993. Soil Survey Division Staff. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook No: 18, Washington, USA.
- SPSS, 2009. SPSS For Windows, Release 17.0. SPSS Inc. USA.
- STEIN, A., HOOGEWERF, M., and BOUMA, J., 1988: Use of soil-map delineations to improve (co)kriging of point data on moisture deficits. Geoderma, 43: 163–177.
- ŞAHİNLER, N., S. 2004. Arı ürünlerinin tüketici özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, IV Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 1-4 Eylül, Isparta, 2004
- ŞENOL S., ve DİNÇ U., 1986. Akdeniz Bölgesi Büyük Toprak Gruplarının Toprak Taxonomisi ve FAO/ UNESCO Dünya toprak haritası lejandına göre sınıflandırılması. Toprak İlmi Derneği 9. Bilimsel toplantı tebliğleri. Yayın no: 4. 1–5.
- ŞENOL, S. ve U.DİNÇ, 1986. Yeni Bir Arazi Dereceleme Sistemi ve Ceyhan Hamdilli Köyü Uygulaması. I. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 425–443. Adana.
- ŞENOL, S. 1991. Yeni Bir Sayısal Arazi Sınıflama Sistemi. Toprak İlmi Derneği 12. Bilimsel Toplantısı "Tebliğ Özetleri" 23–28 Eylül 1991, Şanlıurfa.
- ŞENOL, S., U. DİNÇ, İ. ve YEĞİNGİL, 1992. Parsel Bazında Yeni Bir Arazi Dereceleme Yöntemi. Milletlerarası Tarım Reformu ve Kırsal Kalkınma Kongresi Tebliğler. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara. 391-401
- ŞENOL, S., 1994. Bilgisayar Destekli Bir Model Yardımıyla Göksu Deltası Topraklarının Tarımsal Kullanıma Uygunluk Sınıflaması. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, Cilt 18, Sayı: 5, Ankara. 437-443

- TERCAN, E.A ve SARAÇ, C. 1998. Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler. TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 48: 1–137, Ankara.
- TRANGMAR, B.B, YOST, R.J and WEHARA, G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, Vol 38; 65–91.
- UPCHURCH D.R. and EDMONDS, W.J. 1991. Statistical procedures for specific observations. p 49–73. In Mausbach, M.J. and L.P. Wilding (eds) *Spatial variability of soils and landforms*. SSSA special publication number 28. Soil Science Society of America, inc. Madison, Wisconsin, USA.
- VAN MEIRVENNE, M., SCHELDEMANN, K., BAERT, G., and HOFMAN, G. 1994. Quantification of soil textural fractions of bas-zaire using soil map polygons and/or point observations. *Geoderma*, 62.
- VIEIRA, S.R., HATFIELD, J.L., NIELSEN, D.R. and BIGGAR, J.W. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51 (3); 1–75.
- VIRGILIP, D.N., MONTI, A., VENTURI, G. 2006. Spatial Variability of Switchgrass (*Panicum Virgatum* L.) Yield as Related to Soil Parameters in a Small Field. *Field Crops Research*, Volume 101, Issue 2, 232–239.
- VOLTZ, M. and WEBSTER, R. 1990. A comparison of kriging, cubic splines and classification for predicting soil properties from sample information. *Journal of Soil Science*, 41; 473–490.
- WARRICK, W.A. and MAYERS, D.E. 1987. Optimization of sampling locations for variogram calculations. *Water Resources Research*, 23(3); 496–500.
- WARRICK, W.A. 1998. Spatial variability. P. 655–677. In Daniel Hillel's *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- WEBSTER, R. and BURGESS, T.M. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties III. Changing drift and universal kriging. *Journal of Science*, 31; 505–524.
- WEBSTER, R. and OLIVIER, M.A. 1992. *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*. Oxford University Press, Oxford.
- WESTIN, F.C. and FRAZEE, C.J. 1973. Use of Remotely Sensed Data for Soil Mapping. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 26: 45–52.

- WESTIN, F.C. and FRAZEE, C.J. 1976. Landsat data, its use in a soil survey program. . Soil Science Society of America Journal. Vol. 40: 80–89.
- WESTIN, F.C., STOUT, M., BANNISTER, D.L. and FRAZEE, C.J. 1976. Geography of Soil Test Results. Soil Science Society of America Journal. Vol. 40 No:6, p.890–895.
- WILDING, L.P., BOUMA, J., GOSS, D.W., 1994. Impact Of Spatial Variability On Interpretative Modelling.65-75, In: Ouantitative Modelling Of Soil Forming Processes R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) SSSA Special Publication Number 39, SSSA,Inc. Madison Wisconsin, USA.
- WOLLENHAUPT, N.C., MULLA, D.J., and GOTWAY, C.A. 1997. Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. In F.J. Pierce and E.J. Sadler (eds) The state of site-specific management for agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. P 19–55.
- YETGİN, B. 2004 Toprak Fiziksel Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Analizi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yüksek Lisans Tezi.
- ZHU, A.X., HUDSON, B., BURT, J., LUBICH, K., SIMONSON, D. 2001. Soil Mapping Using GIS,Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. Soil Sci. Soc. Am. J. 65; 1463–1472.

ÖZGEÇMİŞ

Ece AKSOY, 1977 yılında Antalya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Antalya’da tamamladı. 1995 yılında girdiği Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü’nden 2000 yılında Şehir ve Bölge Plancısı olarak mezun oldu. Eylül 2000-Haziran 2001 yılları arasında ODTÜ’de İngilizce hazırlık okuduktan sonra, 2001–2004 yılları arasında ODTÜ “Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri (GGIT)” Bölümünde yüksek lisans yaptı. 2004 yılında CBS uzmanı olarak mezun oldu ve Şehir Yüksek Plancısı unvanına hak kazandı. “Clustering With GIS: An Attempt to Classify Turkish District Data” başlıklı yüksek lisans tezi, 2009 yılında VDM yayınevi tarafından Almanya’da kitap olarak basıldı (ISBN: 978–3–639–13560–2). 2006 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda doktora yapmaya başlayan araştırmacı aynı zamanda araştırma görevliliğini de sürdürdü. Doktora çalışması boyunca Akdeniz Üniversitesi Uzaktan Algılama Merkezi tarafından yürütülen projelerde araştırmacı olarak çalıştı. Bunun dışında 2008 yılında Avrupa Komisyonu Toprak Bürosu’nda uluslar arası proje yöneticisi olarak Türk toprak veri tabanının Avrupa Birliği veri tabanına entegrasyonuna çalıştı ve bu çalışma da 2010 yılında “Integration of the Soil Database of Turkey into European Soil Database 1:1.000.000” başlıklı bir kitap olarak basıldı (ISBN: 978–92–79–15306–8). TÜBİTAK 2014 Yurt Dışı Araştırma Bursu kazanan araştırmacı, Ekim 2009-Nisan 2010 tarihleri arasında Avrupa Komisyonu Katılım Araştırma Merkezi’nde (European Commission Joint Research Center, JRC) araştırmacı bursiyer olarak çalışmalarda bulundu.