

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet İsmail SOLMAZ

**EĞİMLİ ARAZİLERİN DETAYLI TOPRAK ETÜD VE HARİTALANMASI
İÇİN UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
TEKNOLOJİLERİNİ KULLANARAK YENİ YÖNTEMLERİN
GELİŞTİRİLMESİ**

TOPRAK ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EĞİMLİ ARAZİLERİN DETAYLI TOPRAK ETÜD VE
HARİTALANMASI İÇİN UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ TEKNOLOJİLERİNİ KULLANARAK YENİ
YÖNTEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

Mehmet İsmail SOLMAZ

DOKTORA TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez/..... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Suat ŞENOL
Danışman

.....
Prof. Dr Selim KAPUR
Üye

.....
Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU
Üye

.....
Prof. Dr. Vedat PEŞTEMALCI
Üye

.....
Prof. Dr. Oğuz DİNÇ
Üye

Bu tez Enstitümüz Toprak Anabilim Dalında hazırlanmıştır
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:ZF2006D37

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

EĞİMLİ ARAZİLERİN DETAYLI TOPRAK ETÜD VE HARİTALANMASI İÇİN UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TEKNOLOJİLERİNİ KULLANARAK YENİ YÖNTEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet İsmail SOLMAZ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

Danışman :Prof. Dr. Suat ŞENOL

Yıl: 2010, Sayfa: 135

Jüri :Prof. Dr. Selim KAPUR

Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

Prof. Dr. Vedat PEŞTEMALCI

Prof. Dr. Oğuz DİNÇ

Bu çalışmada; eğimli arazilerin detaylı toprak haritalarının yapımında toprak etüdlerinin daha düşük maliyet ve daha kısa sürede tamamlanmasını sağlayacak yeni yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; Adana'nın kuzeyinde yer alan Seyhan Barajı'ndan başlayarak kuzeyde Çatalan Barajı'na kadar uzanan, yaklaşık 30.800 ha alan içerisinde, temsili olarak seçilen çok sayıda ve farklı boyutlardaki test alanlarında, arazi çalışması öncesinde olası toprak sınırlarının belirlenebilmesi için yeni yöntemler denenmiştir. Çalışmada, eğim haritaları ve Sayısal Yükseklik Modeli (DEM), 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalardan altlık haritalar olarak kullanılmak üzere üretilmiş; jeolojik haritalar ve QuickBird dijital uydu görüntüleri de proje süresince kullanılmıştır.

Araştırmada; ilk olarak toprakların arazide tanımlanmaları amacıyla belirlenen verilerin mobil bilgisayarlara girilmesini sağlayan yazılımlar hazırlanmış ve kullanılmıştır. Uzaktan Algılama, CBS, Yapay Sinir Ağları, Toprak Fizyografya Etkileşim Modeli (SoLIM) ve görüntü sınıflama teknikleri kullanılarak bir toprak etüd ve haritalama çalışmasının her aşaması için süre ve maliyeti azaltıcı yöntemler denenmiştir. Ancak, söz konusu sayısal haritalama teknikleriyle toprak sınırlarının arazi öncesi tahmin edilmesinde hedeflenen performansla ulaşılamamıştır. Bunda, çalışma alanının, toprakların dağılımı yönünden çok heterojen olması ve veri kaynaklarının yetersizliği en önemli etken olmuştur. Sayısal haritalama teknikleri kullanılarak toprak sınırlarının arazi çalışması öncesinde sağlıklı olarak tahmin edilebilmesi için özellikle topoğrafik ve jeolojik harita ölçeğinin toprak haritasının ölçeğinden daha büyük ölçekli olmasının zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak Etüd ve Haritalama, QuickBird Sayısal Uydu Verileri, Yapay Sinir Ağları, Mobil Cihaz Programlama, SoLIM

ABSTRACT

Ph. D. THESIS

DEVELOPMENT OF NEW METHODS FOR DETAILED SOIL MAPPING ON SLOPING LANDS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND REMOTE SENSING TECHNIQUES

Mehmet İsmail SOLMAZ

**DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor :Prof. Dr. Suat ŞENOL
Year: 2010, Pages: 135
Jury :Prof. Dr. Selim KAPUR
Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU
Prof. Dr. Vedat PEŞTEMALCI
Prof. Dr. Oğuz DİNÇ

In this study, it is attempted to develop new methods for the preparation of detailed soil maps for sloping lands in order to save time and lower costs. To achieve this goal 38 000 hectares of land was selected at the north of Adana, Turkey located between Seyhan and Catalan Dams. New methods were tested in order to determine the probable land soil mapping units and their boundaries prior to field work. Random test areas were selected in different sizes from the study area. Slope maps and Digital Elevation Models (DEM) were calculated from 1:25000 scale topographic maps to be used as base maps also; geological maps and Quick Bird digital satellite imagery were used during the course of the project.

The first stage of the study was to develop software to collect morphological soil field data on the identified soil series. In order to establish the most accurate, time saving and cost effective method for soil surveys Remote Sensing Techniques, GIS methods, Artificial Neural Networks and Soil Landscape Inference Model (SoLIM) were applied and tested to selected test areas within the study area. However, objectives on identifying and predicting soil mapping units and their boundaries prior to field work were not achieved using digital soil mapping techniques. The main reason for not achieving the objectives were; the lack of accurate data sources and heterogenic soil distribution in the study area. These goals could be achieved if there is accurate geological and topographic information. It is concluded that; digital soil mapping techniques could be used effectively and accurately for the prediction of soil mapping units and their boundaries if topographic and geological maps scales are larger than the soil map scales.

Keywords: Detailed Soil Survey, QuickBird Digital Satellite Data, Artificial Neural Networks, Mobile Programming, SoLIM

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana “Eğimli Arazilerin Detaylı Toprak Etüd ve Haritalanması İçin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojilerini Kullanarak Yeni Yöntemlerin Geliştirilmesi” konulu doktora tezini veren yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Suat ŞENOL’la sonsuz teşekkürler.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr Oğuz DİNÇ’e çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim. Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof Dr. Vedat PEŞTEMALCI ‘ya yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Uzaktan Algılama Teknikleriyle Yapılan Çalışmalar	5
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleriyle Yapılan Çalışmalar	10
2.3. Sayısal Haritalama Teknikleriyle Yapılan Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Çalışma Alanı	18
3.1.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri	19
3.1.3. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri	22
3.1.4. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü	23
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Toprak Etüd ve Haritalama İşlem ve Metodolojileri.....	26
3.2.2. Mobil cihazlar için Yazılım Geliştirilmesi	30
3.2.3. Eğim Haritalarının Hazırlanması için Kullanılan Yöntemler	32
3.2.4. Yapay Sinir Ağı Uygulamaları.....	36
3.2.5. Toprak- Peyzaj Etkileşim Modeli.....	41
3.2.6. İstatiksel Görüntü Sınıflandırma çalışmaları	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
4.1. Profil Tanımlama ve Sonda Yazılımları.....	47
4.2. Eğim Haritalarının Hazırlanması	52
4.3. Yapay Sinir Ağı Uygulamaları	68

4.4. Toprak- Peyzaj Etkileşim Modeli (SoLIM) Uygulaması	71
4.5. İstatiksel Görüntü Sınıflandırma Çalışmaları	90
4.5.1. Ormanlık Araziler için Sınıflandırma Çalışmaları	94
4.5.2. Kuru Tarım Arazileri için Sınıflandırma Çalışmaları.....	98
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ	119
EKLER.....	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Çalışma Alanına En Yakın Rasat İstasyonu Adana'ya ait 1975– 2007 Dönemi İklim Verileri.....	21
Çizelge 4.1. Test alanından rastgele seçilen 51 nokta için TIN eğim haritası ile toprak haritası eğim bilgilerinin karşılaştırılması.....	62
Çizelge 4.2. Test alanından rastgele seçilen 51 nokta için SYM eğim haritası ile toprak haritası eğim bilgilerinin karşılaştırılması.....	63
Çizelge 4.3. KnowledgeMiner Programı İçin Oluşturulan Haritalama Birimleri Listesi.....	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu.....	18
Şekil 3.2. Çalışmada tanımlanan toprak serilerinin örnekleme yerleri.....	19
Şekil 3.3. Adana iline ait aylık yağış, evapotranspirasyon (ET) sıcaklık verileri diyagramı	21
Şekil 3.4. Çalışma alanının jeolojik haritası.....	23
Şekil 3.5. Çalışmada yapılan işlerin genel akış diyagramı.....	26
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan farklı kartografik materyallerin CBS ortamında çakıştırılması	28
Şekil 3.7. Toprak sınırlarının belirlenmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tekniklerinin birlikte kullanım akış diyagramı	30
Şekil 3.8. Mobil Uygulama Akış Şeması	31
Şekil 3.9. Hızlı Uygulama Geliştirme Metodolojisi	32
Şekil 3.10. Eş yükselti eğrilerinden elde edilen TIN modeli.....	33
Şekil 3.11. Sayısal Yükseklik Modeli.....	34
Şekil 3.12. TIN modelinden elde edilen eğim sınıfları haritası	35
Şekil 3.13. SYM modelinden elde edilen eğim sınıfları haritası.....	36
Şekil 3.14. Bir işlemci elemanı (yapay nöron)	38
Şekil 3.15. Danışmanlı öğrenme yapısı	39
Şekil 3.16. Danışmansız öğrenme yapısı	39
Şekil 3.17. Takviyeli öğrenme yapısı	40
Şekil 3.18. SoLIM teorik temelleri	42
Şekil 3.19. Multispektral görüntüden sınıflandırılmış tematik harita oluşturma.....	43
Şekil 3.20. Maksimum Benzerlik Algoritması Özellik Uzayı.....	44
Şekil 4.1. Profil tanımlama yazılımı, tanımlama bilgileri ekranı	48
Şekil 4.2. Profil tanımlama yazılımı ekranlarında kullanılan seçim kutuları ve metin kutuları	48
Şekil 4.3. Profil tanımlama yazılımının farklı ekranlarından görüntüler	49
Şekil 4.4. Mobil cihazlardan bilgisayara Excel tablosuna aktarılmış olan toprak serilerine ilişkin veriler	50

Şekil 4.5. Arazi çalışmaları esnasında profil tanımlama bilgilerinin mobil cihaz kullanılarak kaydedilmesi.....	51
Şekil 4.6. Mobil cihazlar için geliştirilmiş Sonda yazılımının başlangıç menüsü...	52
Şekil 4.7. Mobil alanının QuickBird uydu görüntüsü ve sayısal yükseklik paftaları.....	53
Şekil 4.8. Tüm çalışma alanının TIN modeli	54
Şekil 4.9. Çalışma alanına ait TIN eğim haritasından bir kesit	55
Şekil 4.10. TIN Eğim modelinde eğimin sıfır derece görüldüğü bölgeler	56
Şekil 4.11. TIN modelinde eğimin sıfır derece görüldüğü bölgeler	57
Şekil 4.12. TIN Eğim modelinde tespit edilen bölgelerin eşyüksekti eğrileri ile uydu görüntüsü.....	58
Şekil 4.13. Çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli	59
Şekil 4.14. Izgara eğim haritasında 1,2 ve 3 nolu bölgelerde oluşan eğim sınıfları.....	60
Şekil 4.15. Oluşturulmuş TIN ve SYM modelleri ile eğim haritalarını karşılaştırılması	61
Şekil 4.16. Piksel boyutu 45 olan SYM den üretilen eğim haritası.....	64
Şekil 4.17. Piksel boyutu 20 olan SYM den üretilen eğim haritası.....	65
Şekil 4.18. Piksel boyutu 10 olan SYM den üretilen eğim haritası.....	66
Şekil 4.19. Piksel boyutu 5 olan SYM den üretilen eğim haritası.....	67
Şekil 4.20. Üst üste çakıştırılmış uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritası	69
Şekil 4.21. Aynı alana ait uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritası kesitleri	69
Şekil 4.22. Excel dosyası olarak saklanmış görüntü verisi	70
Şekil 4.23. Uygulamada kullanılan YSA yapısı.....	70
Şekil 4.24. Eğim sınıfları, toprak haritası ve simülasyon sonucunda belirlenen toprak haritası	71
Şekil 4.25. SoLIM uygulaması için seçilmiş test alanı	72
Şekil 4.26. Test alanı için seçilen bölgenin uydu görüntüsü.....	73
Şekil 4.27. Test alanı için seçilen bölgenin toprak haritası.....	74

Şekil 4.28. Test alanı için seçilen bölgeye ati eş yükselti eğrileri.....	75
Şekil 4.29. Test alanına ait toprak sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki dağılımı	76
Şekil 4.30. Test alanın Sayısal Yükseklik Modeli.....	77
Şekil 4.31. Test alanının eğim haritası.....	77
Şekil 4.32. Test alanının bakı haritası	78
Şekil 4.33. Test alanı içerisindeki Akgedik serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı	80
Şekil 4.34. Akgedik serisinin yükseklik verisi için dağılım istatistiği	80
Şekil 4.35. Test alanı içerisindeki Akgedik serisinin eğim verisi üzerindeki dağılımı	81
Şekil 4.36. Akgedik serisinin eğim verisi için dağılım istatistiği.....	81
Şekil 4.37. Test alanı içerisindeki Akgedik serisinin bakı verisi üzerindeki dağılımı	82
Şekil 4.38. Akgedik serisinin bakı verisi için dağılım istatistiği	82
Şekil 4.39. SoLIM uygulaması tarafından Akgedik serisinin test alanı üzerindeki hesaplanan muhtemel dağılımı.....	83
Şekil 4.40. Akgedik serisinin test alanı üzerindeki dağılımı.....	84
Şekil 4.41. Akgedik serisinin test alanı üzerindeki dağılımının serinin hesaplanan dağılımı ile çalıştırılmış görüntüsü.....	84
Şekil 4.42. Test alanı içerisindeki Kocayer serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı	85
Şekil 4.43. Kocayer serisinin yükseklik verisi için dağılım istatistiği	86
Şekil 4.44. Test alanı içerisindeki Kocayer serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı	86
Şekil 4.45. Kocayer serisinin eğim verisi için dağılım istatistiği	87
Şekil 4.46. Test alanı içerisindeki Kocayer serisinin bakı verisi üzerindeki dağılımı	87
Şekil 4.47. Kocayer serisinin bakı verisi için dağılım istatistiği	88
Şekil 4.48. SoLIM uygulaması tarafından Kocayer serisinin test alanı üzerindeki hesaplanan muhtemel dağılımı.....	89

Şekil 4.49. Kocayer serisinin test alanı üzerindeki dağılımı	89
Şekil 4.50. Kocayer serisinin test alanı üzerindeki dağılımı serinin hesaplanan dağılımı ile çalıştırılmış	90
Şekil 4.51. Sınıflandırma çalışması için belirlenen test alanları.	91
Şekil 4.52. Ormanlık alanların yoğun olduğu I. Test alanı.....	92
Şekil 4.53. Kuru Tarım arazilerinin yoğun olduğu 2. Test alanı.....	92
Şekil 4.54. Ormanlık alanlar. Ormanlık alan dışında kalan bölümler dekupe edilerek görüntüden çıkarılmış.....	93
Şekil 4.55. Kuru tarım arazileri. Diğer alanlar dekupe ederek görüntüden çıkarılmış	94
Şekil 4.56. Ormanlık alan için 4 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu.....	95
Şekil 4.57. Ormanlık alan için 6 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu.....	95
Şekil 4.58. Ormanlık alan için 8 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu.....	96
Şekil 4.59. Ormanlık alanların bulunduğu test alanının toprak haritası	96
Şekil 4.60. Ormanlık alanların 4 sınıf sayısı belirlenerek kümelenmiş uydu görüntüsü	97
Şekil 4.61. Kuru tarım alanları için 4 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu.....	98
Şekil 4.62. Kuru tarım alanları için 8 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu.....	99
Şekil 4.63. Kuru tarım alanlarının bulunduğu test alanının toprak haritası	99
Şekil 4.64. Kuru tarım alanlarının 4 sınıfa göre yapılan kümeleme çalışması ile 8 sınıf kullanılarak yapılan kümeleme çalışması	100
Şekil 4.65. Kuru tarım alanlarının 4 sınıf sayısı belirlenerek kümelenmiş uydu görüntüsü ve aynı alanın toprak haritası.....	101
Şekil 5.1. Çalışma alanı jeolojik haritası ve toprak birlik haritası	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DVM	: Destek Vektör Makineleri
GPS	: Global Positioning System ; Küresel Konumlandırma Cihazı
SOLIM	: Soil- Landscape Inference Model, Toprak-Peyzaj Etkileşim Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SYV	: Sayısal Yükseklik Verisi
TIN	: Triangulated Irregular Network; Düzensiz Üçgenler Ağı
YSA	:Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Günümüzdeki en önemli problemlerden birisi giderek artan nüfusa bağlı olarak yaşanan hızlı kentleşme ve endüstrileşme ile azalan tarım arazilerine karşın tüketim ihtiyaçlarının artmasıdır. Bu tezat gittikçe mevcut kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Toprakların amacına uygun ve verimli kullanılması için yapılan planlamaların başarısı kuşkusuz mevcut topraklar hakkındaki bilgilerin detay seviyesine bağlıdır.

Bu nedenle arazilerin temel unsuru olan toprakların ideal kullanım şekillerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle toprak haritalarının yapılması ve buna bağlı olarak arazi değerlendirmesi ve kullanım planlamasının hazırlanması gerekir. Bu güne kadar öncelikle ABD olmak üzere gelişmiş ülkelerde detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmaları ülke bazında tamamlanmıştır. Amerika Birleşik Devletlerinde 1920 ile 1930 yılları arasında yapılan çalışmalar ile elde edilen toprak etüd raporlarının çoğunluğunu jeolojik materyallerin özelliklerini değerlendiren genel haritalar oluşturmuştur. 1930 yılların başında hava fotoğraflarını kullanılmaya başlaması, toprak sınırlarının tespitinde doğruluk oranını önemli ölçüde artırmıştır. (Soil Survey Division Staff, 1993). Haritalama çalışmalarını kapsadığı alanlar geliştikçe yeni tanımlanan toprakları ayırt etmek için kullanılan pedojenik sınıflandırma sistemleri yetersiz kalmış ve yeni sınıflandırma sistemleri geliştirme çalışmaları yapılmıştır. 1960 sonrasında pedojenik sınıflandırma sistemlerinin yerini toprakların ölçülebilir ve gözlenebilir özelliklerinin ölçüt olarak kullanıldığı morfogenetik toprak sınıflandırma sistemleri almıştır (Cline, 1963). Sonraki yıllarda Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 1975; Soil Survey Staff, 1999), Dünya Toprak Haritası Lejantı (FAO-UNESCO, 1974; FAO, 1988) ve Dünya Toprak Kaynakları Referansı (FAO, 2006) gibi uluslararası morfogenetik toprak sınıflandırma sistemleri geliştirilerek ulusal ve uluslararası çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Şenol ve ark., 2009).

Türkiye'nin yoklama toprak haritaları 1938 Amerikan Toprak Sınıflandırma sisteminin büyük toprak grupları ve fazlarını gösterecek şekilde 1966–1971 yıllarında tamamlanmış ve daha sonra değişik ölçek ve içeriklerde yer yer yenilenme

çalışmaları da yapılarak yayınlanmıştır. Bu haritaların yapımında esas alınan toprak sınıflandırma sistemi günümüzde geçerliliğini yitirmiş olup, yoklama düzeyinde yapılmış olduğundan detaylı arazi kullanım planlamaları ve çevre düzeni planlarının yapılması gibi birçok günümüz gereksinimlerini karşılamada da yetersiz kalmaktadır (Şenol, 2006). Bu nedenle ülke düzeyinde toprak serileri ve fazlarını gösteren detaylı toprak haritalarının zaman geçirilmeden yapılması 5403 sayılı “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu”nun uygulanabilmesi açısından da zorunludur. Türkiye’de böyle kapsamlı bir çalışmanın yürütülebilmesi için gerekli alt yapı ve yetişmiş elemanları bulunan bir kuruluş bulunmamaktadır. Bu amaçla gerekli kurumsallaşmanın zaman geçirilmeden gerçekleştirilmesi yanı sıra, geniş alanların kısa sürede haritalamasının yapılabilmesi, Türkiye’nin doğal yapısına uygun denenmiş yöntemlerin bulunması ile mümkün olacaktır.

Son yıllarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerindeki gelişmeler bu teknolojilerin toprak etüd haritalamada daha yaygın kullanılmasına ve toprak haritalarının daha doğru ve hızlı bir şekilde yapılmalarına olanak sağlamıştır. (Haiping ve ark., 1990; Çullu, 1993; Altınbaş ve ark., 1999; Dinç ve ark., 2000; Travaglia ve ark., 2001). Uydu görüntüleri özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki seyrek bitki örtüsü altındaki toprakların haritalanmasında başarıyla kullanılmaktadır (Dinç ve Şenol, 1998). Kurak bölgeler dışında kalan alanlarda bitki örtüsünün toprak yüzeyini maskeleymesi nedeni ile uzaktan algılama teknikleri tek başına yeterli olmamaktadır. Toprak oluşumunu etkileyen diğer faktörler ile ilgili veri kaynakları uzaktan algılama teknikleri ile birlikte kullanılmasına olanak veren uygulamalar daha iyi sonuçlar alınmasını sağlayabilecektir.

Bilgisayar teknolojisindeki yeniliklere paralel olarak, toprak özelliklerinin arazide ve laboratuarda daha sağlıklı ölçülmesine ve sayısal veriler üretilmesine olanak sağlayan yeni teknikler de gelişmiştir. Çeşitli algılayıcılar kullanılarak mekânsal verilerin sayısal olarak çok bantlı ve farklı zamanlarda kayıt edilmesiyle oluşturulan uydu verilerinin yanı sıra çok sayıda verinin bir arada kullanılmasına ve yorumlanmasına izin veren CBS yazılım ve donanımları, daha kaliteli toprak haritalarının oluşturulması ve sağlıklı değerlendirme ve yorumların yapılmasına imkân sağlamaktadır (Şenol ve ark., 2009).

Türkiye yüzölçümünün % 92'si değişik derecede eğimli arazilerden oluşmaktadır. Eğim, toprak erozyonu, derinlik, yıkanma, organik madde birikimi, horizonların farklılaşma derecesi ve sayısı gibi bir çok toprak özelliğini etkileyen önemli bir faktördür (Buol ve ark., 1973). Türkiye gibi yarı kurak ve yarı ılıman iklim etkisi altındaki bölgelerde, eğimin toprak özellikleri üzerine etkisi daha belirgin olarak görülmektedir (Dinç ve ark., 1987). Bu gerçekten hareketle engebeli araziler için klasik yöntemler yerini alabilecek ve daha az arazi çalışması gerektiren yöntemlerin geliştirilmesi, yapılacak toprak etütlerinin süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltması beklenilmektedir.

Adana yerleşim alanının güneyindeki araziler farklı eğim grupları yanı sıra çok çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik formasyonlardan oluşmaktadır. Ayrıca jeolojik harita, topoğrafik harita gibi destek verileri de mevcut olan bu araziler ülkemizdeki eğimli arazileri temsil edebilecek özelliklere sahiptir.

Bu nedenle çalışmada büyük bir bölümü engebeli arazilerden oluşan Adana ili kuzey bölgesinin toprak serileri ve fazları düzeyinde detaylı temel toprak etüd ve haritasının coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojilerinde uygulanan en yeni teknikler kullanılarak daha kısa sürede ve düşük maliyetle yapılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada eğimli arazilerin detaylı toprak etüd ve haritalamasının yapılabilmesi için arazi çalışması öncesinde mevcut verilerden en üst düzeyde yararlanılarak ve son yıllarda gelişmekte olan sayısal haritalama teknikleri kullanılarak olası toprak sınırlarının belirlenmesine olanak sağlayacak yeni yöntemler araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprakların karakteristiklerinin mekâna göre değiştiğinin fark edilmesi ile insanların üretim ortamı olarak kullandıkları toprakları sınıflandırma ihtiyacı doğmuştur. Bilinen en eski toprak sınıflandırma kayıtlarından birisi M.Ö. 234-149 yıllarında Romalı Cato ya aittir. Cato geniş peyzaj içerisindeki toprakları kullanım durumuna göre “sulanır bahçe”, “orman arazisi” ve “zeytin arazisi” gibi sınıflara ayırmıştır (Dinç ve Şenol, 1998). Günümüze gelindiğinde gelişmiş birçok ülkede detaylı düzeyde toprak etüd ve haritalama çalışmaları tamamlanmış olup, son yıllarda mevcut toprak haritalarının doğruluk ve kalitesini yükseltmek amacıyla çalışmalar yapılmakta ve araştırma projeleri yürütülmektedirler. Bu nedenle sayısal haritalama teknikleri giderek gelişmekte olan bir araştırma alanı olarak son yıllarda üzerinde çalışılan araştırma konuları arasında yerini almıştır.

2.1. Uzaktan Algılama Teknikleriyle Yapılan Çalışmalar

Uydu görüntülerinin toprak haritalarının hazırlanması için kullanımı 70 li yılların ortalarında Nebraska da kum tepelerinden oluşan bölgede toprak birliklerinin çizilmesi için yapılan çalışma ile gündeme gelmiştir. (Lewis ve ark. , 1975).

Kirschener ve ark. (1978), Indiana, Clinton şehrinde 430 hektarlık bir alanın haritasını hazırlamak için yapmış olduğu çalışmada on ikisi toprak, dördü bitki örtüsü sınıflarından oluşan 16 spektral sınıf tanımlamışlardır. Çalışmada tespit edilen 12 toprak sınıfı 4 ayrı drenaj sınıfına göre gruplanmıştır. Bu çalışma ile çizilen toprak haritası geleneksel yöntemler ile yapılan toprak haritası ile karşılaştırılmış ve 3 haritalama ünitesi detaylı olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda toprak serisi ile drenaj özellikleri arasındaki korelasyonun toprak harita birimlerinin kompozisyonu için doğru tespit sağladığını ifade edilerek Landsat MSS görüntülerinin toprak etüdlerinde yardımcı bilgi kaynağı olarak kullanılacağını belirtmişlerdir.

Cipra ve ark. (1980), çalışmasında seçmiş olduğu 16 farklı toprak çeşidi için Landsat spektral ölçümleri ile spektrometre ile yapılan ölçümleri karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda Landsat ve spektrometre yansıma

değerleri tüm Landsat dalga boyu bantları için yüksek korelasyon göstermiştir. Sonuç olarak bitki örtüsüz topraklarda, spektrometre ile alınan yansıma değerleri ile Landsat verileri arasında yüksek bir korelasyon olduğunu ifade etmiştir.

Thompson ve ark. (1981) Teksas, Brazos Şehrinde bitki örtülü alanların toprak sınıflandırılması için yapmış oldukları çalışmada, Landsat multispektral tarayıcı verilerinin etkinliğini, yıl boyunca üç kez farklı toprak suyu durumunun olduğu zamanlarda değerlendirmiştir. Toprak örtüsü için belirlenen altı test bölgesinde LARSYS eğitilmiş sınıflandırma ve eğitimsiz sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada açık otlak arazilerinde en iyi ayırım sonbahar dönemi içinde toprak neminin artmaya başladığı dönemde yapılmıştır. Ormanlık araziler ise ilkbaharda yeterli nemin olduğu dönemde en iyi ayrılmıştır. Ancak doğruluk derecesi yüksek haritalama birimlerini ayırmak için landsat verileri kullanımı yeterli gelmemiştir. Bitki örtüsü olan alanlarda toprak neminin yetersiz olduğu yaz sonunda ayırım yapmak mümkün olmamıştır. Sonuç olarak Landsat MSS görüntülerinin bitkiyle örtülü orman alanlarında toprak haritalama birimlerinin ayırt edilmesinde başarılı olunamadığı belirtilmiştir.

Thompson ve ark. (1983), toprak serilerinin yansıma değerlerinin araştırıldığı çalışmalarında % 0-2 , 2 den daha fazla organik madde içeriğine sahip toprakların Landsat MSS görüntülerinden % 80 doğrulukla birbirinden ayırt edilebileceğini öne sürmüşleridir.

Richardson ve Bigler (1984), çalışmasında birkaç yarı geçirgen sulak alanlardan seçilen toprak özelliklerini PCA (Principle Component Analysis) modeli kullanılarak karşılaştırmış ve organik madde dağılımının PCA ile istatistiksel olarak önemli düzeyde belirlendiğini belirtmişlerdir.

Thompson ve ark. (1984), her bir Landsat TM bandının yansıma değerleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmada 4 (0.75-0.90), 5 (1.55-1.75) ve 6 (10.4-12.5) bantların toprak özellikleri ile korelasyonunun en uygun olduğu saptanmıştır.

Thompson ve Henderson (1984) Landsat TM görüntülerinden haritalama birimlerinin mısır örtüsü altındaki toprakların soya yetiştirilen topraklara göre daha doğru sınıflandırıldığını ve bitki örtüsü arttıkça hatanın arttığını belirtmektedir.

Dinç ve ark. (1985) Landsat TM verilerini Güneydoğu Anadolu da yapmış oldukları toprak etüd ve haritalama çalışmalarında başarı ile kullanmışlardır. Yapılan çalışmada elde edilen veriler ile haritalar arasında %68 - %94 uyumluluk elde edilmiştir.

Sing ve Dwivedi (1986) kuzey Hindistan'da yapmış oldukları çalışmada Landsat MSS verileri kullanarak toprak seri sınırlarını %93.3 doğrulukla tespit etmişlerdir. Toprak ana materyalinin, topografyanın ve toprak karakteristiklerinin bu sonuçlar üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Landsat MSS verileri ile yapılan toprak haritalarının klasik metotlar ile yapılan haritalardan daha doğru sonuç verdiğini ileri sürmüşlerdir.

Sarı (1987) yapmış olduğu çalışmada LANDSAT 4 uydu görüntüsünün 5. ve 7. Bantlarının toprak serilerinin ayrımında en iyi sonuçlar verdiğini öne sürmüştür. Bu bantları kullanarak yaptığı toprak haritasını klasik yöntemler ile yapılmış toprak haritası ile karşılaştırdığında serilerin %80,6 oranında uyum sağladığını, serilerin birbirine karışma oranının %9,6 olduğunu ve %9,8 oranında da sınıflandırılmayan alan olduğunu belirtmiştir. Ayrıca uydu verilerinin arid bölgelerde ve geniş arazilerde daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

Baudot ve ark. (1988), arazi kullanımının sınıflandırılmasında sadece uydu verilerinin kullanılmasının şehir çevrelerinin karmaşıklığında başarılı sonuçlar vermediğini belirtmişlerdir. Buna dayalı olarak arazi kullanımlarının sınıflandırılmasında doğru sonuçlara ulaşılmasının, sadece radyometrik veriler yoluyla tam olarak gerçekleştirilemeyeceğini, aynı zamanda hava fotoğraflarının görüntü yorumları ile morfolojik ve topolojik veriler ile de desteklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Lee ve Ark. (1988a) Transfer edilmiş TM verileri ile DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) den elde edilen topoğrafik bilgileri Güneybatı Wisconsin deki dağlık bölgelerdeki toprak karakteristiklerini tespit etmek için kullanmıştır. Bu araştırmada daha önce yapılmış toprak haritaları ile yapılan sınıflandırma arasında %72 benzerlik bulunmuştur.

Lee ve ark. (1988b), Landsat TM görüntülerinin geniş alanların kabaca haritalanmasında faydalı olmasına rağmen detaylı toprak haritaları için yeterli

olmadığını vurgulayarak Landsat TM 5 ve 7 bantların oranlanması örtülü alanlarda ham görüntülerden daha iyi sonuç verdiğini, termal bandın ise organik ve mineral toprakların ayırt edilmesinde başarılı olduğunu öne sürmüşlerdir.

Landsat TM görüntüleri kullanarak arazi örtü tiplerinin sınıflamasında Neural network yöntemleri ile arazi örtüsü sınıflandırması sonuçları ile klasik istatistiksel sınıflandırma arasında yapılan karşılaştırmalarda farklı derecede benzerlikler bulunmuştur (Howald 1989; McClelland ve ark. 1989; Hepner ve ark. 1990).

Haiping ve ark. (1989), toprak haritalarının oluşturulmasında Landsat, Spot ve sayısal yükseklik verilerinin etkinliğini araştırdığı çalışmada Spot verilerinin Landsat verilerinden biraz daha başarılı olduğunu ve DEM verilerinin her iki görüntünün başarısını artırdığını belirtmektedir.

Benediktsson ve ark. (1990), Topoğrafik veriler (yükseklik, eğim ve bakı) ile Landsat MSS görüntülerinden elde ettikleri birleştirilmiş verilerli kullanarak arazi yüzeyi sınıflandırılmasında Neural Network uygulamasını başarı ile gerçekleştirmiştir.

Agbu ve ark. (1990), Spot görüntüleri kullanarak yüzey karakteristiklerini etkileyen bazı yüzey altı özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, çoğu üst ve bazı yüzey altı toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabileceğini, Spot görüntülerinden oluşturulan tekstür haritasının toprak haritasıyla en uyumlu harita olduğunu belirtmektedirler.

Kanellopoulos ve ark., (1992) Arazi örtüsünü ayırt etmek amacı ile yüksek çözünürlüklü SPOT görüntüsünü (HRV) kullanarak yapmış olduğu sınıflandırmada yapay sinir ağlarının kullanımının , maksimum benzerlik sınıflamasından daha başarılı olduğunu öne sürmüşlerdir

Dinç ve D'Souza (1995) Güney Doğu Anadolu bölgesindeki Ceylanpınar Tarım İşletmesi mera topraklarının haritalanması konusunda yaptıkları çalışmada Landsat-TM uydu verilerini kullanarak 2 farklı toprak serisine ait 18 farklı toprak fazını tespit etmişlerdir. Sekiz adet 4*4 km' lik test alanında yürütülen bu çalışmada eğitilmiş ve eğitimsiz sınıflama yöntemlerini kullanarak toprak haritaları oluşturmaya çalışmışlardır. Çalışma alanlarındaki eğitimsiz sınıflama %81 ve eğitilmiş sınıflama ise %85 yer gözlemleriyle karşılaştırıldığında doğruluk payı elde edilmiştir. Çalışma

sonucunda Landsat-TM uydu verilerini kullanarak toprak haritalamalarının daha ekonomik ve daha hızlı bir şekilde tamamlanabileceğini ortaya koymuşlardır.

Cook ve ark. (1996), Toprak haritalarının güncelleştirilmesi amacıyla maden arama sistemine dayalı toprak haritalama için yeni bir model geliştirmişlerdir. Bruzzone ve ark. (1999) multitemporal ve çok kaynaklı uzaktan algılama görüntülerinin sınıflanmasına nöral-istatistiksel bir yaklaşım getirmişlerdir.

Çullu ve ark. (1996), sayısal uydu verileri ve CBS'yi kullanarak GAP bölgesi toprak kaynaklarının haritalanmasında yeni olanaklar araştırmış ve bunların GAP alanına uygulaması, haritalaması konusunda çalışmışlardır.

Dingil ve ark. (1997), Yapmış oldukları çalışmada Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi arazisine ait 1995 yılında çekilmiş hava fotoğrafları üzerinde yapılan göz yorumu ve arazi incelemeleri sonucunda çalışma alanının arazi kullanım haritasını hazırlamışlardır. Daha sonra kullandıkları bilgisayar yazılımları ile arazi değerlendirmesi sonuçlarına ilişkin harita verilerinden bir CBS veritabanı oluşturmuşlardır.

Ji (2000), Landsat uydu görüntülerini kullanarak arazi kullanımı ve arazi örtüsünün sınıflandırılmasında Kohonen Özörgütlemeli Harita Ağı (Kohonen Self Organizing Feature Map- KSOFM) algoritması ile Maksimum Benzerlik yöntemini karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonuçları olarak KSOFM algoritmasının maksimum benzerlik yöntemine göre daha yüksek sınıflandırma doğruluğuna ulaşma yeteneğine sahip olduğu belirtilmiştir.

Bayramın (2000a) Beypazarı'na ait veriler ile yapmış olduğu çalışmada Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri ile Sayısal yükseklik modellini kullanarak uydu ve sayısal coğrafi verilerin toprak yoklama haritalarının oluşturulmasında başarılı olduğunu göstermiştir.

Bayramın (2000b) sayısal arazi verileri ve 1992 - 1993 yıllarındaki Indiana ve Illinois e ait 10 günlük tümleşik AVHRR verilerini kullanarak küçük ölçekli toprak haritası yapımında Neural Network yöntemlerinin kullanılabilirliğini test etmiştir.

Çölkesen ve Kavzoğlu (2008), Landsat ETM+ ve Terra ASTER uydu görüntüleri kullanılarak Gebze ve çevresindeki arazi kullanımının tespiti için Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemi kullanarak arazi örtüsünü sınıflandırmıştır.

Çalışmasında kullandığı yöntemi Yapay sinir Ağları (YSA) ve En Çok Benzerlik (EÇB) yöntemleri ile yaptığı sınıflandırmalar ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda YSA ve DVM ile elde edilen sınıflandırma doğrulukları yaklaşık %91 düzeyinde olduğu belirtilirken, EÇB yöntemi kullanımı ile elde edilen sınıflandırma doğruluğu yaklaşık %87 seviyelerinde olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda destek vektör makinelerinin uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında etkili ve alternatif bir yöntem olduğu ileri sürülmüştür.

Dingil ve ark. (2008), tarafından yapılan çalışmada Çukurova Üniversitesi yerleşke alanına ait toprak haritası güncellenmiştir. Çalışmada üniversitenin yerleşke alanına ait 1974 yılında yapılmış 1:20.000 ölçekte toprak haritası, 1:5.000 ölçekli topoğrafik haritalar ve QuickBird uydu görüntüsü ve CBS kullanılarak 1:5.000 ölçekte detaylı toprak haritasına revize edilerek dönüştürülmüştür. Ayrıca İlsen paket programında, çalışma alanının arazi değerlendirmesi yapılarak, potansiyel arazi kullanım haritası, arazi yetenek sınıflaması haritası (AKK), tarımsal kullanıma uygunluk haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında tanımlanan toprak serileri Toprak Taksonomisine göre Inceptisol, Vertisol, Alfisol ve Entisol ordolarında sınıflandırılmıştır.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleriyle Yapılan Çalışmalar

Burrough (1987), arazi ile ilgili çalışmalarında doğal kaynakların uzaysal dağılımıyla ilgili bilgilere gereksinim duyulduğunu ve bu verilerin haritalar halinde derlenmesi durumunda kullanışlı olacağını vurgulamıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) haritalar haline getirilmiş verilerin saklanması ve ilgili bilgiler ile ilişkilendirilmesine olanak sağlamaktadır. Teknik açıdan üstün olan bu yöntemlerden elde edilen sonuçların sağlanan veri kalitesine bağlı olduğu belirtilmiştir.

Klingebiel ve ark. (1987) 30 metrelik DEM ler kullanılarak elde edilen eğim, bakı ve yükseklik haritalarından türetilen ön toprak yoklama haritaları arazi çalışmalarında toprak haritalama çalışmalarında altlık olarak kullanılmıştır.

James ve ark. (1992), merkez Pennsylvania da yapmış olduğu çalışmada rastgele olarak belirledikleri 305 nokta için toprak profilleri ve peyzaj parametreleri

tanımlamışlardır. Ayrıca peyzajın mekânsal yapısını tanımlayan 1:24.000 ölçekli haritalar ve sayısal arazi modeli elde etmişlerdir. Bu veriler bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanı üzerine kaydedilmiş ve bilinen 305 toprak – peyzaj kombinasyonu bir sistemde işaretlenmiştir. Bu toprak-peyzaj kombinasyonları istatistiksel bir toprak-peyzaj modelini, çok değişkenli diskriminant analizi ve sınıf frekans bilgilerini kullanarak türetmek için kullanılmıştır. Belirlenen toprak drenaj sınıfı için arazi gözlemleri ile %74 yayınlanmış toprak etüdü haritaları içinde %69 benzerlik tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda coğrafi bilgi sistemleri ve istatistik yöntemleri kullanarak elde ettikleri drenaj sınıflarının, toprak etütleriyle belirlenenlerden daha doğru olduğu öne sürülmüştür.

Rahman ve ark. (1997), CBS teknikleriyle hazırladıkları toprak haritalarını geleneksel yöntemlerle hazırlanan toprak haritalarıyla karşılaştırdıkları çalışmalarında CBS teknikleriyle elde edilen sınırların detaylı toprak etüdlerinde kullanılabileceğini belirtmektedirler.

Norman ve ark. (2002) tarafından, Arizona-Patagonya bölgesine ait geçmiş yıllarda elde edilmiş analog veriler, yüksek çözünürlüklü sayısal toprak haritalarına dönüştürülmüş ve özellikle erozyon etkisi altında kalmış alanların tanımlanması ve bu alanlarda yapılacak iyileştirme çalışmaları üzerine fikir edinilmesi sağlanmıştır. Hazırlanan sayısal toprak haritası aynı zamanda Amerikan Jeoloji Survey üzerinden internette dijital ortama aktarılmıştır.

2.3. Sayısal Haritalama Teknikleriyle Yapılan Çalışmalar

Ovallles ve Collins. (1988), Kuzeybatı Florida’da yapmış oldukları çalışmada PCA (Principle Component Analysis) yöntemi kullanarak Organik maddenin yanı sıra toplam kum ve kilin toprak serileri arasında ve seri içinde büyük değişkenliğe sahip olduğunu bulmuşlardır. Çalışmalarında 100 km lik düzensiz grid kullanılmış ve 380 pedon arasından 151 pedon seçilerek iki veri seti hazırlanmıştır. Toplam kum, ince kum, kil ve organik karbon içeriği PCA tarafından önemli özellikler olarak seçilmiştir. İnce kum hariç bu özellikler varyans analizi ile onaylanmıştır.

Nash, ve ark. (1988), toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde kullandığı jeostatistik uygulamalarında kriging yönteminin toprak özelliklerinin iki boyutlu yatay değişkenliğinin haritalanmasında mükemmel bir potansiyele sahip olduğunu belirtmektedir.

Foody (1996), Uzaktan algılama verileri ile arazi örtüsünü sınıflandırırken birden fazla sınıfa ait karışık piksellerin oluşturduğu sorunun çözümü için yapay sinir ağları yöntemini denemiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında yapay sinir ağları sınıflandırmasının, arazi örtüsü kompozisyonunda karışık piksellerin doğru tahminlerinin üretmesi için potansiyeli olduğu belirtilmiştir.

Zhu ve ark. (1997), toprak özelliklerini belirlemek amacıyla mevcut toprak haritaları, CBS teknikleri ve fuzzy analiz bileşenlerinden oluşan bir model (SOLIM) geliştirmişlerdir. Bu modelin temeli toprak ve çevreye ait bilgi ve kavramların CBS nin bulanık mantık altındaki analiz gücünün kullanımına dayanmaktadır.

Zhu ve ark. (2001), Batı Montana ve Wisconsin de yapmış oldukları çalışmalarda toprak haritalarının yapımında SOLIM modelinin başarısını test etmiş ve yöntemin geleceğe yönelik ilerleme potansiyeline sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca yöntemin başarısının girişi yapılan topraklarla ilgili çevresel verilerinin kalitesine bağlı olduğuna işaret etmişlerdir.

Tomislav ve David (2003), yapmış olduğu çalışmada yarı detaylı toprak etüdünde hava fotoğrafı yorumunun yeniden yapılması ve geliştirilmesi için Hırvatistan'ın Baranja bölgesinde bir yöntem kullanmışlardır. Yöntemde manual olarak yapılan hava fotoğrafı yorumunu geliştirmek amaçlanmaktadır. Bunun için sayısal değerlendirme modelinden 9 arazi parametresi alınmış ve bu parametreler bütün çalışma alanında (1062 km²) foto yorumlamada kullanılmıştır. Bu şekilde yapılan sınıflandırmanın doğruluğu ise hata matrisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçta hava fotoğrafı yorumu ile arazi örnekleme arasındaki doğruluk, tepelik alanlarda %58,2 ovada %39,1 ve tüm alanda %45,3 olarak belirlenmiştir. Supervised (eğitilmiş) sınıflandırma ile güncellenen toprak etüdündeki doğruluk oranı tepelik, ova ve tüm alan için sırasıyla; %97,6; %86,7 ve %90,2 olarak belirlenmiştir.

Akbaş ve Yıldız (2004), daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanmış bir arazide seçilen test alanında yüzey toprağın bazı özelliklerinin değişimini

jeoistatistiksel teknikler (kriging enterpolasyonu) yardımıyla haritalamaya çalışmışlardır. Bu amaçla çalışma alanına ait temel toprak haritası sayısallaştırılıp bilgisayar ortamına aktarılmış , araziden 25x25 m alınan örnekler ve temel toprak haritası IKONOS uydu görüntüleri yardımıyla rektifiye edilmiştir. Toprak özellikleri değişimi kriging tahmin metodu ile haritalanmış ve toprak sınırları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada temel toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde toprak özelliklerine ait bilgilere ihtiyaç duyulduğunda araziden örneklemeye veri toplayıp, bu verileri jeoistatistik teknikler yardımıyla işlenip haritalar hazırlanabileceği ileri sürülmüştür.

Behrens ve ark. (2005), mekansal toprak haritalama birimlerini tahmin edebilen yapay sinir ağları (YSA) dayalı bir metodoloji geliştirmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, Rhineland-Palatinate (Almanya) da yaklaşık 600 km² lik alanı kapsayan bir alan içinde sayısal toprak haritası oluşturmuşlardır. Çalışmada Feed-Forward YSA ile resilient backpropagation öğrenme algoritmasına dayalı ağ, optimal network topolojisi bir gizli katman ve tahmin edilecek toprak birimine bağlı olarak 15 - 30 hücre ile kurulmuştur. Toprak biriminin oluşumunu tanımlamak ve YSA yı eğitmek için 69 farklı arazi özellikleri, 53 jeolojik-petrografik birimleri ve 3 tip arazi kullanımı mevcut haritalardan ve veritabanlarından elde edilmiştir. Çalışma sonucunda YSA , %80 tahmini toprak birimlerine ait (n=33) eğitim hatalarının (kare hata ortalaması) 0.1 in altında , %43'nün de 0.05 in bile altında olduğunu göstermiş ve eğitilmiş ağ çıktılarına göre doğrulama sonucu ortalama doğruluğun %92 nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sunulan YSA dayalı ve kapsamlı bir dijital arazi-analiz yaklaşımı metodolojisinin, zaman tasarrufu ve maliyet açısından etkin ve çarpıcı sonuçlar sağladığı vurgulanmıştır.

Carre' ve McBratney (2005), çalışmalarında toprak ve peyzajı birleştiren terron adlı yeni bir kavram üzerinde durmuşlardır. Sayısal bir teeron haritası çıkarmak için yürüttükleri çalışmayı 4 aşamada gerçekleştirmişlerdir. Bu aşamalarda:

- İlk olarak n alan temsilcisi toprak tipleri sınıflandırılması ile peyzaj özellikleri bulanık k ortalaması ile n terron sınıfa atanmış.
- İkinci olarak terron peyzaj kuralları çoklu lineer regrasyon kullanılarak tesis edilmiş.

- Üçüncü aşamada terron – peyzaj kurallarının regression- kriging kullanılarak interpolasyonu yapılmış
- Dördüncü aşamada ise ikinci bir veri seti kullanılarak doğrulama yapılmıştır.

Sonuçların regression-kriging modeli kullanılarak yapılmış bir toprak haritası ile karşılaştırıldığı bu çalışmada yeni bir konsept olan Terron'un, toprak örtüsü sürdürebilirliği ve daha iyi toprak yönetimi için önerildiği vurgulanmıştır.

Qi ve ark. (2006), ABD'nin Wisconsin bölgesinde deneysel kategori prensiplerine dayanarak yaptıkları toprak haritalama çalışmalarında geleneksel metotla yapılan haritalara göre %17 daha doğru haritalar yapılabileceğini, ortaya koymuşlardır. Bu metodun klasik metotlara nazaran daha etkin olduğunu ve bilgiye dayalı bulanık mantık (fuzzy) metotlarla benzer avantajlar sağladığını ortaya koymuşlardır. Toprak yapan faktörlerden özellikle topografya ve jeolojik bilgilerin detaylı analizleri toprak-peyzaj ilişkilerinin doğru analizleri metodun en önemli kısmını oluşturmaktadır. Çalışmalarında toprakla ilgili bilgilerin gerek ekolojik ve gerekse yönetsel çalışmaların temelini oluşturduğunu toprak etüdleri sonucu yapılan toprak haritalarının bu alanda tek veri kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Liu ve ark. (2006), toprak özelliklerinden mekânsal enterpolasyonlar geliştirmek için geleneksel Kriging yöntemi ile kategorik yardımcı bilgiyle türetilen bir Kriging yaklaşımı olan Kriging Destekli Toprak haritası Çizme (KSMD) yöntemini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda yöntemin toprak özelliklerinden mekânsal enterpolasyon geliştirmek için kullanılır olabileceğini ileri sürmüştür.

Wang ve ark. (2006), değişkenlerin doğru haritalanması ve yersel verilerin toplanması için ekonomik örnek modellerinin, doğal kaynaklara, çevresel ve ekolojik sistemlerin izlenmesine ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, örnek bir model ve haritalama yöntemi Landsat Thematic Mapper (TM) kullanarak geliştirilmiştir. Bu yöntem değişkenlerin uzaysal olarak otomatik korelasyonu ve aralarındaki uzaysal çapraz karşılaştırmaya dayanmaktadır. Geliştirilen model kullanılarak toplanan örneklemenin maliyeti önemli derecede düşürdüğü belirlenmiştir. Bunun aksine, güncellenmemiş haritaya göre yapılan örneklemede maliyetin arttığı belirlenmiştir.

Smith ve ark. (2006), Çalışmalarında Dane Country'de örnek olarak seçilen alana ait DEM haritaları oluşturulmuş, en uygun kullanım değerini belirlemek için farklı komşuluk (neighborhood) ölçütleri kullanılmış ve SOLIM modeli ortaya konmuştur. Arazinin eğimine göre en iyi komşuluk değerlerinin belirlendiği çalışmada, hafif eğimli arazilerde 33-48 m arası komşuluk ölçütü en iyi sonuç vermekte iken; dik eğimli arazilerde bu değer 24-36 m. arasında değişmektedir.

Weber ve ark. (2008), Güney Brezilyada, Rio Grande do Sul eyaletinde yapmış oldukları çalışmada, Brezilya Toprak Sınıflandırma Sistemi dayalı toprak haritası oluşturmak için CBS ve GPS kullanarak 1:50,000 ölçekli 20 topoğrafik harita paftasına karşılık gelen bir alanda saha çalışması ile kartografik temel unsurları entegre eden bir yöntem geliştirmişlerdir. Sonuçta elde edilen sayısal toprak haritasının, tüm bölge için sürekli, komşu harita sayfaları arasında tutarsızlıktan yoksun ve özellikleri ile haritalama birimleri ile ilişkili olduğu bildirilmiş ve bu özellikler ile yöntemin, imar, tanı, gibi birçok amaçla toprak harita uygulamasına uygun olduğu belirtilmiştir.

Sarmiento ve ark. (2008), Brezilya'nın Vinhedos Vadisinde yapmış oldukları çalışmada detaylı toprak etüdlerinde haritalama birimlerinin sınıflandırılmasında ve sonuç haritalarının çizilmesinde jeoteknolojinin kullanıma olanaklarını araştırmışlardır. Çalışma alanına ait 1:5.000 ölçekli topoğrafik harita ve hava fotoğrafı altlık olarak kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli oluşturulan çalışma sonucunda, özellikle rölyef fazının, çalışmanın doğruluğunda önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Mora-Vallejo ve ark. (2008), Kenya'da mısır üretim alanlarında kil ve toprak organik karbon içeriğinin belirlenmesi amacıyla 13.500 km²'lik bir çalışma alanının yoklama toprak haritası oluşturulmuştur. Çalışmada 95 adet toprak örneği alınmış ve fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra iklim, arazi örtüsü, topografya ve ana materyal gibi yardımcı veriler ile birlikte sayısal toprak haritaları üretilmiştir. Kriging regresyonu ile tahmin edilen değerler arazi çalışmaları ile karşılaştırılmış ve çapraz geçerlilik testi ile doğrulanmıştır.

Liu ve Zhu (2009), ABD'de Wisconsin eyaletinde örnek olarak seçilen bir alanda SOLIM (soil- landscape inference model, toprak-peyzaj etkileşim modeli)

modeli test edilmiş; önceki sürümlerden daha yüksek bir oranda (%85) doğruluk elde edilmiştir. Önerilen SOLIM metodunun, küçük değişikliklerle diğer bilgi tabanlı doğal kaynakların haritalanmasında da kullanılabileceğini belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma Adana'nın kuzeyinde yer alan Seyhan Barajı'ndan başlayarak kuzeyde Çatalan Barajına kadar uzanan 20 km genişliğindeki yaklaşık 30.800 ha alan içerisinde temsili olarak seçilen farklı boyutlarda çok sayıda test alanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının coğrafik konumu ile iklimi, jeolojisi ve bitki örtüsü gibi toprak yapan faktörlerine ilişkin genel bilgiler aşağıda alt bölümler halinde verilmiştir.

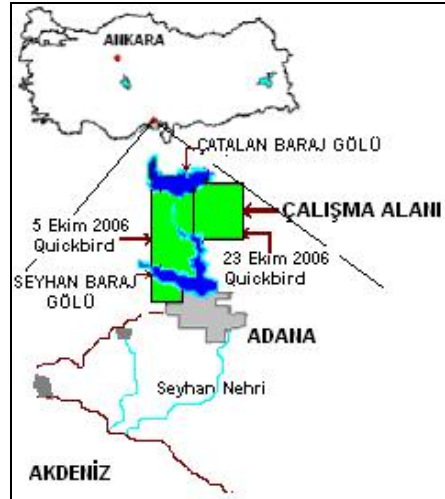
Çalışmada proje alanının 1989 yılında çekilmiş 1/15.000 ölçekli siyah-beyaz hava fotoğrafları, bir bölümü 5 Ekim 2006 ve kalan kısmı 23 Ekim 2006 tarihlerinde algılanmış QuickBird uydusu sayısal verileri (şekil 3.1), 1:25.000 ölçekli ve ± 5 m düşey konum doğruluklu sayısal yükseklik paftaları (YÜKPAF25), Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/100.000 ölçekli Kozan-K20 Paftası jeolojik haritası materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan QuickBird uydusunun piksel çözünürlüğü Pankromatik bantta 0.61 m. Multispektral bantlarda 2.5 m. dir. Spektral bant aralıkları ise Pankromatik; 450–900 nanometre, mavi; 450–520 nanometre, yeşil; 520–600 nanometre, kırmızı; 630–690 nanometre ve yakın kızılötesi; 760–900 nanometredir. Ekim ve kasım ayları çalışma alanında toprak yüzeyinin en az bitki ile kaplı olduğu aylar olduğundan özel sipariş verilerek uydu verilerinin ekim ayı içerisinde algılanması sağlanmıştır. Bu çalışma da ERDAS IMAGINE 8.1 Professional, ArcGIS 9.2 yazılımları ile sayısallaştırma, coğrafi düzeltme, görüntü işleme, görüntü sınıflandırma ve tematik haritaların üretilmesi amacıyla kullanılmıştır. Harita sayısallaştırılmasında Contex Toucan G25 tarayıcı, arazi çalışmalarında örnekleme yerlerinin koordinatların belirlenmesinde GPS, toprak serilerinin ve sonda yerlerinin arazide belirlenen özelliklerinin kayıt edilmesinde avuç içi bilgisayar ve toprak profilleri ile çevresindeki arazilerin görüntülenmesinde dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır.

Çalışma süresince portatif GPS cihazları ile veri toplama ve işlemeyi kolaylaştıracak taşınabilir avuç içi bilgisayarlar için 2 ayrı uygulama yazılımı

geliştirilmesi amacıyla Microsoft Visual Studio 2005 yazılımından yararlanılmıştır. Ayrıca Yapay Sinir Ağları (YSA) uygulamaları için Mathworks Matlab R2008a ve Fuzzy Logic uygulamaları için SoLIM Suite 1.5 ve KnowlageMiner 1.0 yazılımları, görüntüleme için de 3dMapper yazılımları kullanılmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanı

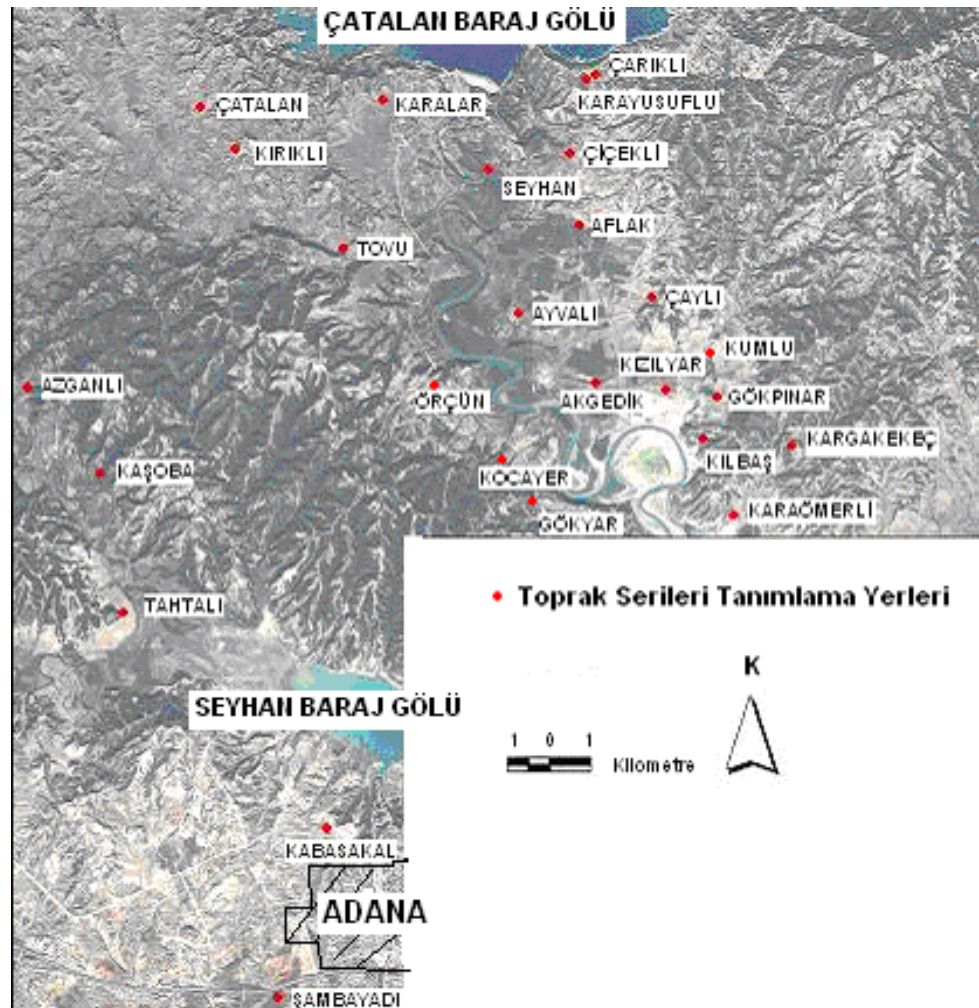
Çalışma, Adana'nın kuzeyinde $35^{\circ} 10' 28''$ - $35^{\circ} 23' 36''$ E (doğu) boylamları ile $37^{\circ} 12' 50''$ - $37^{\circ} 01' 29''$ N (kuzey) enlemleri arasında yer alan ve güneyde DİNÇ ve ark., (1989) tarafından detaylı toprak etüd ve haritalaması yapılmış olan alandan başlayarak kuzeyde Çatalan Barajına kadar uzanan, güney-kuzey doğrultusunda 21 km, doğu-batı doğrultusunda güneyde 8 km, kuzeyde 20 km genişliğindeki, QuickBird uydusu görüntüleri satın alınmış olan yaklaşık 30.800 ha alanda yürütülmüştür. Bu alan içerisinde yerleşim alanları, baraj gölü ve akarsu gibi toplam 5.843,2 ha etüd dışı araziler bulunduğundan, çalışmanın yürütüldüğü alan, net olarak 24.956,8 ha'dır (şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu (Şenol ve ark., 2009)

Şenol ve ark. (2009) tarafından aynı alanda yapılan çalışmada, toplam 25 adet toprak profili, toprak serisi olarak adlandırılmış, morfolojik tanımlamaları

yapılmıştır. (Şekil 3.2). Bu çalışma sonucunda oluşturulan toprak haritası da araştırmada materyal olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Çalışmada tanımlanan toprak serilerinin örnekleme yerleri (Şenol ve ark., 2009)

3.1.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri

Çalışma sahasının da içinde bulunduğu Çukurova bölgesi, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklim tipi etkisi altındadır. Bölgede kış yağışlarının batı Akdeniz'e göre kısmen azaldığı, buna karşın ilkbahar ve sonbahar aylarındaki yağışların fazla olduğu görülmektedir. Çalışma alanı Adana'ya göre daha yüksek ve kuzeyde yer alması nedeniyle en yakın rasat istasyonu olan Adana

verilerine göre kış aylarında don riski daha fazladır ve sıcaklık değerleri 1-2 derece daha düşüktür. Diğer verilerin çok yakın olduğu tahmin edilmektedir. Adana ilinde yıllık toplam yağış 1929-2007 yılları ortalaması olarak toplam 657 mm'dir. Bu yağışın yaklaşık % 47'si Aralık, Ocak ve Şubat aylarında düşmektedir. Son 30 yılın verilerine göre yıllık ortalama hava sıcaklığı 19 °C'dır. Bu da çalışma alanında hemen hemen yıllık ortalama toprak sıcaklığına eşit olduğu tahmin edilmektedir. Ortalama en yüksek sıcaklıkların en fazla olduğu dönem uzun yıllar ortalamasına göre Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır, en düşük sıcaklıklar ise Aralık Ocak ve Şubat aylarında belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

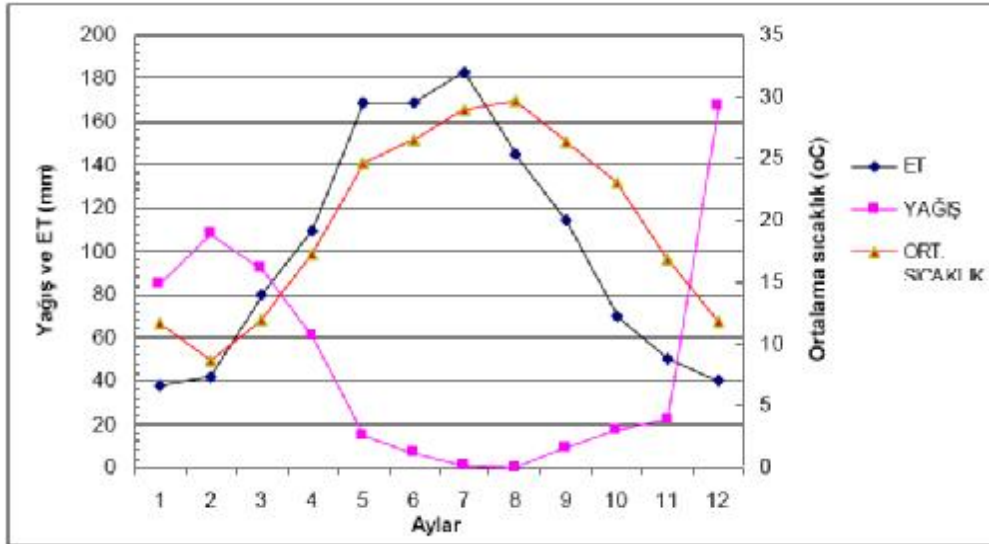
Bölgede hâkim rüzgârlar genellikle kuzey ve güney yönünde oluşmaktadır. Mevsimlere göre yazın karalar termal alçak basınç, denizler ise termal yüksek basınç alanı, kışın ise karalar dinamik yüksek basınç denizler ise termal alçak basınç oluşturdıkları için rüzgârlar her iki yönden de esmektedir.

Tüm bu veriler dikkate alındığında çalışma alanında kış yağışlarında toprak profili su depolama kapasitesinin üzerinde yağış almakta ve yıkanmaya neden olmaktadır. Yaz aylarında ise uzun süre (45 günden fazla) kuru kalmaktadır. Bu veriler esas alındığında Soil Survey Staff, (2003)'e göre çalışma alanının toprak nem rejimi **Xeric**, toprak sıcaklık rejimi **Thermic** olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3).

Çizelge 3.1. Çalışma Alanına En Yakın Rasat İstasyonu Adana'ya ait 1975–2007 Dönemi İklim Verileri (Şenol ve ark. 2009)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Toplam Yağış (mm)*	109,0	78.4	60.1	61.1	42.8	22.3	9.1	5.3	14.7	49.7	82.1	122.3
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.7	10.4	13.3	17.5	21.7	25.6	28.3	28.4	26.1	21.6	15.3	11.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.0	16.1	19.4	23.6	28.1	31.7	33.8	34.3	33.1	29.1	22.1	16.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.5	5.9	8.3	12.3	16.1	20.1	23.6	23.7	20.7	16.1	10.6	7.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.6	5.2	5.8	6.8	9.0	10.4	10.5	10.2	8.6	7.1	5.7	4.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.5	9.8	10.0	10.4	6.9	3.5	1.9	1.5	3.2	5.7	7.6	10.6
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.0	25.0	32.0	36.8	40.6	41.3	44.0	43.8	43.2	39.4	33.3	27.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.2	-6.4	-3.6	-1.3	5.6	13.7	16.8	16.8	10.9	4.8	-1.0	-3.5

*Yağış verileri 1929–2007 dönemine aittir.



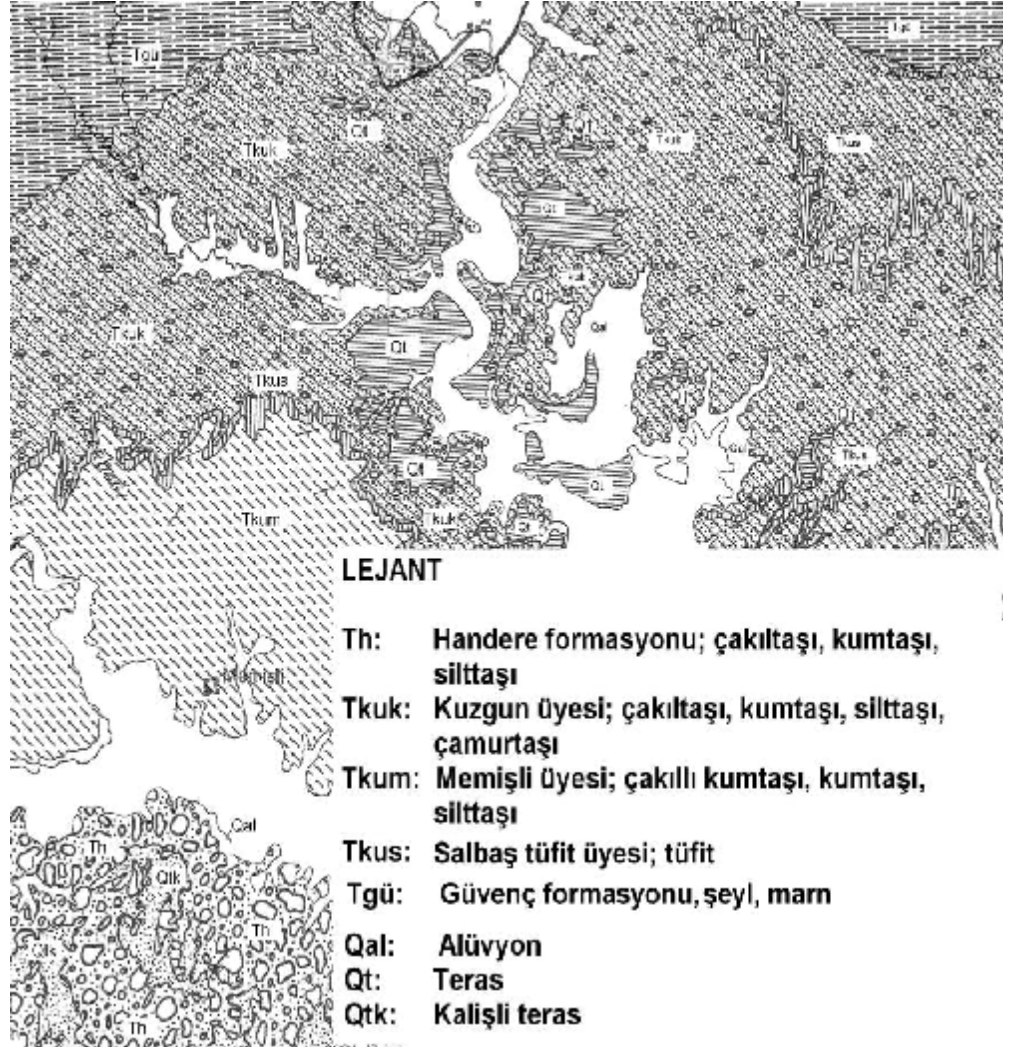
Şekil 3.3. Adana iline ait aylık yağış, evapotranspirasyon (ET) sıcaklık verileri diyagramı (Şenol ve ark., 2009)

3.1.3. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri

Çukurova bölgesi jeolojisini iki ana grupta incelemek mümkündür. Birinci grupta değişik yaşlı kireçtaşları, konglomera, marn ve benzeri materyallerden oluşan yüksek araziler, ikinci grupta ise yakın zamanda depolanmış aluviyal materyaller yer almaktadır. Çalışma alanının yer aldığı kuzey Adana her iki farklı jeolojik yapıyı birlikte içermektedir.

Çalışma alanı içinde stratigrafik olarak alttan üste doğru Tortoniyen yaşta *Kuzgun Formasyonu*, Mesiniyen yaşta *Memişli Formasyonu*, Pliyosen yaşta *Handere formasyonu*, Villafrankiye yaşta glasi (glacis) tipi konglomera, Orta Pleyistosen yaşta glasi - akarsu tipi konglomera, üst Pleyistosen yaşta akarsu konglomeraları ve holosen yaşta aluviyon dolguları bulunmaktadır (Şekil 3.4). Paleosolik kalış/kolon horizonu, kırmızımsı kahverengi toprak, Akdeniz kırmızı toprağı (Terra rossa) ve sert kalış Villafrankiye - Orta Pleyistosen'de, kahverengi toprak üst Pleyistosen-Holosen'de ve aluviyal topraklar Holosen'de oluşmuştur (Şenol, 1989).

Formasyonlar, başatlık sırasına göre ofiyolitik, mağmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardan türeme kırıntıları içermektedirler. Kırıntılar kuzeydeki Toros ofiyolit yitirme zonundan taşınmıştır. Kuvars, kalsit ve feldispat gibi hafif minerallerin egemen olduğu bu formasyonlar değişik oranlarda ve başatlık sırasına göre hornblend, hipersten, enstatit, zirkon, klorit, biyotit ve hematit gibi ağır mineraller ile smektitin başat olduğu illit ve kaolinit gibi kil mineralleri de bulunmaktadır (Şenol ve ark, 2009 , Gürbüz ve ark.,1985 ve Gökçen ve ark.,1985).



Şekil 3.4. Çalışma alanının jeolojik haritası (Şenol ve ark., 2009)

3.1.4. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Çukurova bölgesi sahip olduğu ekolojik şartlar nedeniyle yoğun tarım yapılan ve bu özelliği nedeniyle tarıma dayalı sanayinin de yoğun olarak bulunduğu bir bölgedir. Proje alanı çeşitli eğim sınıflarını kapsayan engebeli bir topografyaya sahiptir. Bu nedenle sulu tarım yapmaya uygun araziler çok sınırlı olup, genelde kuru tarım yapılmaktadır. Sulu tarım yapılabilen yada çakma kuyu sulama sistemleri ile sulanabilen alanlarda bahçe bitkilerinden narenciye, nar, şeftali, erik, kayısı, yenidünya ve üzüm üretimi de yapılmaktadır. Sulama yapılamayan alanlarda zeytin ve incir yetiştiriciliği yapılmaktadır. Son yıllarda gerek yurt içindeki tüketimi gerek

yurtdışı satışı açısından kar getiren nar bitkisi çalışma alanında yaygınlık göstermektedir. Alanın kuzey batısında salçalık biber üretimi yoğun olarak yapılmakta ayrıca sebzelerden domates, patates, patlıcan, karpuz ve kavun da yetiştirilmektedir. Son yıllarda bölgede kuruda ayçiçeği tarımı yoğun olarak yapılmakta ve buğday ile kuru tarım alanlarında münavebeye girmiş bulunmaktadır. Ayrıca bölge şartlarına uygun olarak kuruda pamuk yetiştiriciliğine de sınırlı düzeyde de olsa rastlanılmaktadır. Kışlık üretim olarak tahıllardan buğday ve arpa yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kuru koşullarda daha çok eğimli yerlerde bağcılık ve zeytin yetiştiriciliği giderek yaygınlaşmaktadır.

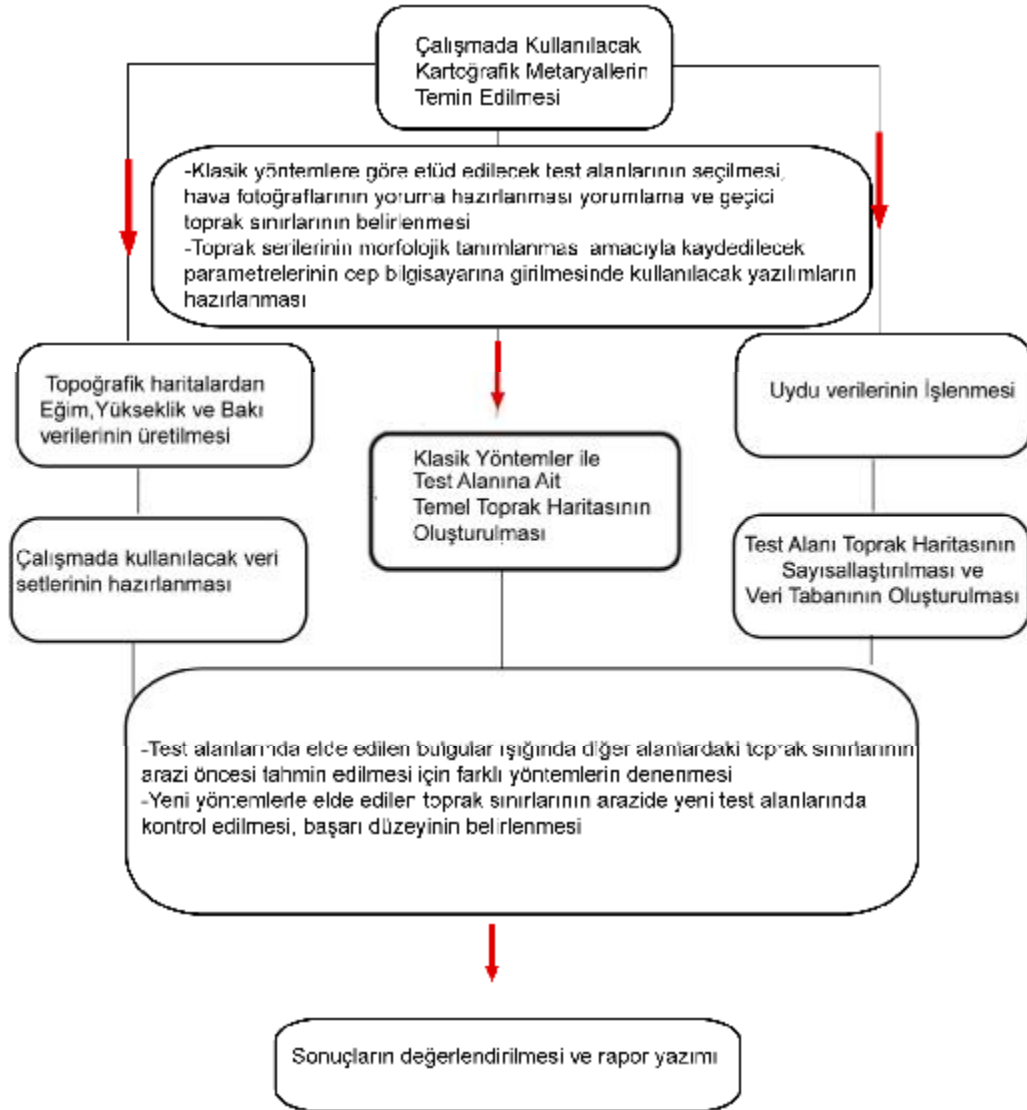
Adana ve çevresi bitki örtüsü bakımından, Akdeniz iklimine adapte olmuş maki topluluğu üyesi bitki çeşitlerinden oluşmaktadır. Bölgenin karakteristik bitkisi *Pinus pinea* olup, deniz kıyısından 1200 m yüksekliklere kadar yayılım gösterir. Kızılçam ormanlarının tahrip edildiği yerlerde daha çok sekonder maki yaygındır. “Primer Maki” olarak tanımlanan “Potansiyel Doğal Bitki Örtüsü” nün niteliğini yitirmesiyle, Sekonder Maki ve Frigana formasyonlarının alana yerleşmesi Adana İli’ndeki Aktüel Bitki örtüsü içindeki ağaç türlerinin oluşumunu ve yayılımını önemli ölçüde etkilemiştir (Gültekin, 1974). Çalışma alanında Akdeniz Fitocoğrafya bölgesinde geniş alanlar kaplayan sıcak Akdeniz vejetasyon katına ait *Quercetalia ilicis* ordosuna bağlı *Pinus brutia* orman ile kurakçıl karakterli, ağaçlık ve çalılardan oluşan *Oleo-Ceratonion* alyansına ait bitki toplulukları yer almaktadır. Çalışma alanında bulunan kızılçam ormanları *Quercetalia ilicis* ordosuna bağlıdır ve *Oleo-Ceratonion* üyeleri ile birlikte yer alır (Şenol ve ark,2009, Harmancı ve Yılmaz, 2007).

3.2. Yöntem

Detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarında etüdün süresini ve maliyetini azaltmak için mevcut jeolojik, topoğrafik verilerden ve uydu görüntülerinden en üst düzeyde yararlanılarak olası toprak sınırlarının arazi çalışmasının öncesinde belirlenmesi amacıyla yapılan işlemlerinin aşamaları aşağıda özetlenmiş ve Şekil 3.5’de akış diyagramında gösterilmiştir.

- Çalışma alanındaki mevcut farklı toprak çeşitlerinin dağılım ve aralarındaki sınırların belirlenmesi amacıyla altlık olarak kullanılan sayısal uydu verileri, hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve jeolojik haritalar temin edilmiş ve klasik yöntemlere göre etüd edilecek test alanları seçilmiştir.
- Hava fotoğrafları ve uydu verileri sayısal ortamda Erdas Imagine ve ArcGIS yazılımları ile işlenerek yoruma hazırlanmış ve geçici toprak sınırları belirlenmiştir.
- Arazide açılan profil çukurları ve sonda çalışmalarından elde edilen verileri arazide hızlı bir şekilde kaydedebilecek taşınabilir avuç içi bilgisayarlar için iki yazılım geliştirilmiştir.
- Topoğrafik haritalardan eğim, yükseklik ve bakı verileri üretilmiş ve arazi gözlemleri ile karşılaştırılarak uygun yöntemler tespit edilmiştir.
- Daha sonra ilk test alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) haritalarından elde edilen eğim, bakı ve yükseklik verileri derlenerek yüksek çözünürlüklü uydu verileri ile birlikte istatistiksel sınıflandırma, Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network –ANN) ve fuzzy analiz bileşenlerinden oluşan bir model olan SOLIM (Zhu ve Ark., 1997) metotları kullanılarak işlenmiştir.
- Denenen yöntemlerden elde edilen sonuçlar arazide yeni test alanlarında kontrol edilmiş ve sonuçları raporlanmıştır.

Yukarıda sözü edilen aşamalarda yapılan işlemler ve kullanılan yöntemlerin ayrıntıları aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışmada yapılan işlerin genel akış diyagramı.

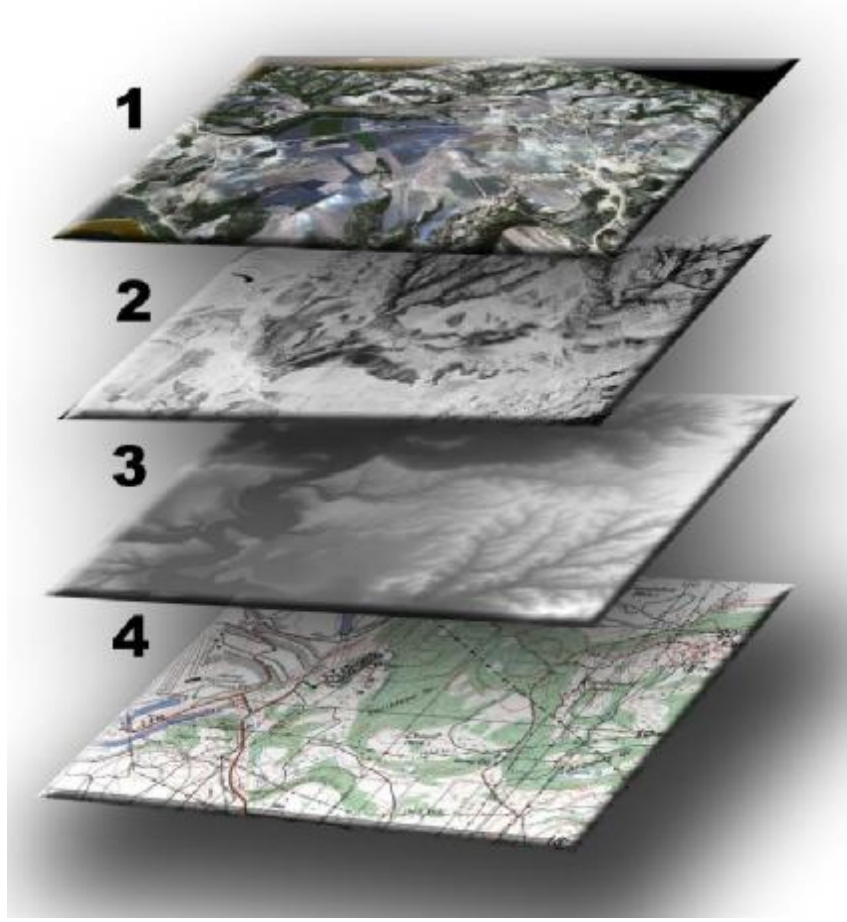
3.2.1. Toprak Etüd ve Haritalama İşlem ve Metodolojileri

Çalışmada coğrafi bilgi sistemleri (CBS), sayısal uydu verileri, hava fotoğrafları, jeolojik harita ve topoğrafik haritalar etkin bir şekilde kullanılmıştır. Sayısal uydu verilerinden çalışma ölçeğine en uygun olan QuickBird uydusu verileri seçildikten sonra çalışma alanında toprak yüzeyinin en az bitkiyle kaplı olduğu dönem olan Ekim - Kasım aylarında arşiv verisi olup olmadığı araştırılmıştır. Arşiv verisi bulunmadığı için, yeni çekim siparişi verilerek Ekim 2006'da çalışma alanının QuickBird görüntüsünün alınması sağlanmıştır. Hava fotoğrafı olarak çalışma

alanının en yakın tarihli 1989 yılında çekilmiş 1:15.000 ölçekli hava fotoğraflarının bulunduğu tespit edilmiş ve çalışma ölçeğine uygun olması nedeniyle satın alınmıştır. Sayısal yükseklik paftaları olarak 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritalar Harita Genel Komutanlığından temin edilmiştir.

Hava fotoğrafları tarayıcıdan geçirilerek sayısallaştırılıp ölçek düzeltmesi yapılarak mozaik haline getirilmiş, uydu verilerinin coğrafi düzeltmesi ve görüntü zenginleştirilmesi yapılmış, Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsünden temin edilen jeolojik harita sayısallaştırılmış ve sayısal topoğrafik haritalar kullanılarak oluşturulan üç boyutlu arazi modeli oluşturulmuştur. Daha sonra hava fotoğrafları, uydu verileri ve jeolojik harita CBS ortamında üç boyutlu sayısal arazi modeli üzerine çakıştırılmıştır (Cambell, 1997). Bu şekilde oluşturulan üç boyutlu görüntüler (şekil 3.6) ve hava fotoğraflarının stereoskop altında göz yorumuyla (Lillesand ve Kiefer, 1979; Şenol ve Dinç, 1994) oluşturulan taslak toprak haritası yardımıyla farklı ana materyalleri, farklı yeryüzü şekillerini, farklı bitki örtüsü ve arazi kullanımlarını ayrı ayrı temsil edecek şekilde çalışma alanı toprak serilerini tanımlamak amacıyla açılacak profil çukur yerleri belirlenmiştir (Dinç ve Şenol, 1998).

Bu arada toprak serilerinin tanımlanmasında arazide belirlenen özelliklerin daha kısa sürede ve eksiksiz girilmesine olanak sağlayacak ve cep bilgisayarı ile kullanılacak iki yazılım hazırlanmıştır. Profil Tanımlama yazılımı Visual Basic.net programlama dilinde Windows Mobile 5.0 işletim sisteme uyumlu olarak çalışacak şekilde geliştirilmiş ve uygulamayı çalıştırmak için. NET Compact Framework 2.0 yüklü avuç içi bilgisayar kullanılmıştır. Sonda yazılımı ise aynı platformda C# dili ile geliştirilmiştir. Söz konusu yazılımlar ile ilgili detaylı bilgi alt başlıklar halinde verilmiştir.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan farklı kartografik materyallerin CBS ortamında karşılaştırılması (1.QuickBird uydu görüntüsü, 2.hava fotoğrafı, 3, üç boyutlu sayısal arazi modeli ve 4. topoğrafik harita)

Bu şekilde belirlenen ve arazi gözlemleriyle de saptanan yerlerde traktöre monte edilmiş kazıcılarla, 1.5–2 m derinliğinde açılan profil çukurları incelenmiş, toprak serilerinin morfolojik özellikleri FAO (1990) ve Soil Survey Division Staff (1993)’e göre tanımlanmış, çalışma alanının toprak serilerini en iyi temsil ettiği belirlenen yerlerde toprak serilerini adlandırılarak, morfolojik özellikleri belirlenmiş ve arazide toplanan tüm bilgiler bu çalışmada oluşturulan yazılım kullanılarak cep bilgisayarına girilmiş ve veri tabanı oluşturulmuştur. Ayrıca profil tanımlama yerlerinin koordinatları GPS kullanılarak belirlenmiş, avuç içi bilgisayara kaydedilmiştir.

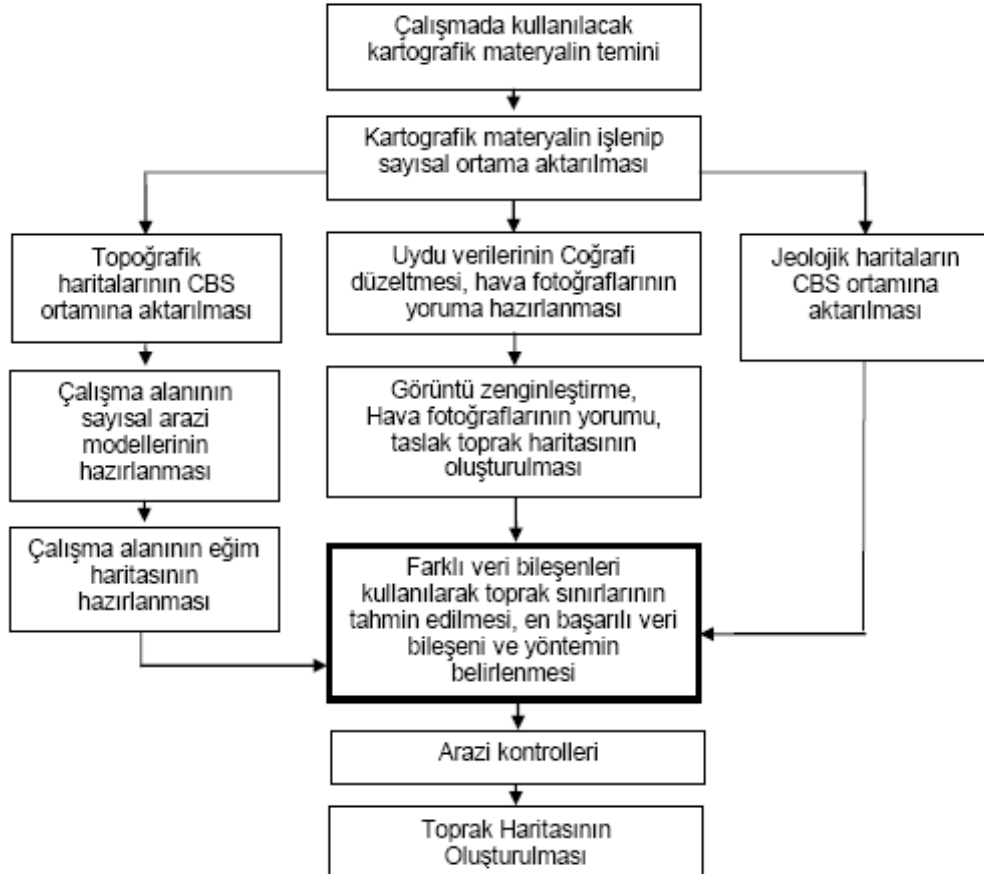
Çalışma alanının detaylı temel toprak haritasında, haritalama ünitesi olarak, toprak serileri ve bunların üst toprak tekstürü, eğim, derinlik, taşlılık, kayalılık, drenaj ve tuzluluk fazları esas alınmıştır (Dinç ve Şenol,1988).

Bu çalışmada haritalama ünitesi olarak toprak serilerinin seçilmesinin nedeni, çalışma amacının detaylı toprak etüdünde, etüdün maliyet ve süresini azaltacak yöntemlerin geliştirilmesi olmasıdır. Aynı seriye giren topraklar benzer genetik horizonlara sahip olup, horizonların fiziksel, kimyasal, morfolojik özellikleri de tanımlanmış limitler içerisinde kalmaktadır (Dinç ve Şenol, 1998). Toprak serileri tanımlanıp örneklendikten sonra arazide toplanan bilgiler ışığında toprak haritalama lejantı hazırlanmıştır.

Toprak serileri tanımlanıp toprak haritalama lejantı hazırlandıktan sonra çalışma alanında farklı jeomorfolojik birimleri ve toprak ana materyallerini içeren iki ayrı yerden 4 x 5 km boyutunda test alanları seçilmiştir. Seçilen test alanlarının hava fotoğraflarının yorumları arazide edinilen bilgiler ışığında stereoskop altında yeniden kontrol edildikten sonra, klasik yöntemlerle haritalama amacıyla arazi çalışmaları yapılmıştır. Toprak serilerinin ve her serinin olası üst toprak tekstürü, eğim, toprak derinliği, tuzluluk-drenaj, yüzey taşlılığı ve kayalılığı fazlarının belirlendiği bu aşamada detaylı toprak etüd standartlarına uygun olarak en fazla 400 m aralıklarla 1.2 m derinliğe kadar yapılan augerhole sondalarıyla kontrol edilmiş haritalama birimini oluşturan toprak serisi ve fazları belirlenmiştir.

Test alanlarında klasik yöntemlerle arazi çalışmaları sonucu kesinleştirilen toprak sınırları, aynı alanın uydu verileri, topoğrafik harita bilgileri, eğim ve jeolojik haritalarla bilgilerini kullanarak sayısal haritalama teknikleri ile belirlenebilme olasılıkları araştırılmıştır (Laurini ve Thompson. 1992). Toprak sınırlarının sayısal haritalama yöntemleriyle arazi çalışması öncesi tahmin edilebilirliğini belirlemek amacı ile test alanlarının uydu görüntüsü, eğim haritası ve temel toprak haritasından elde edilecek veri setleri ile Yapay Sinir Ağları uygulaması ile CBS teknikleri ve fuzzy analiz bileşenlerinden oluşan bir model olan SOLIM denenmiştir (Hepner ve ark., 1990; Zhu ve ark 1997). Bu şekilde belirlenen olası toprak sınırları arazide klasik yöntemlerle belirlenmiş toprak sınırları ile uyum derecesi en fazla olan veri kompozisyonu ve görüntü işleme yönteminin hangisi olduğu araştırılmıştır (Şekil

3.7). Son olarak, test alanlarında oluşturulan yöntem kullanılarak etüdü yapılacak diğer alanlara uygulanarak olası toprak sınırları belirlenmiş ve arazi haritalama lejantına göre çalışma alanı etüd edilerek, toprak serileri ve fazlarını gösteren temel toprak haritası tamamlanmıştır.



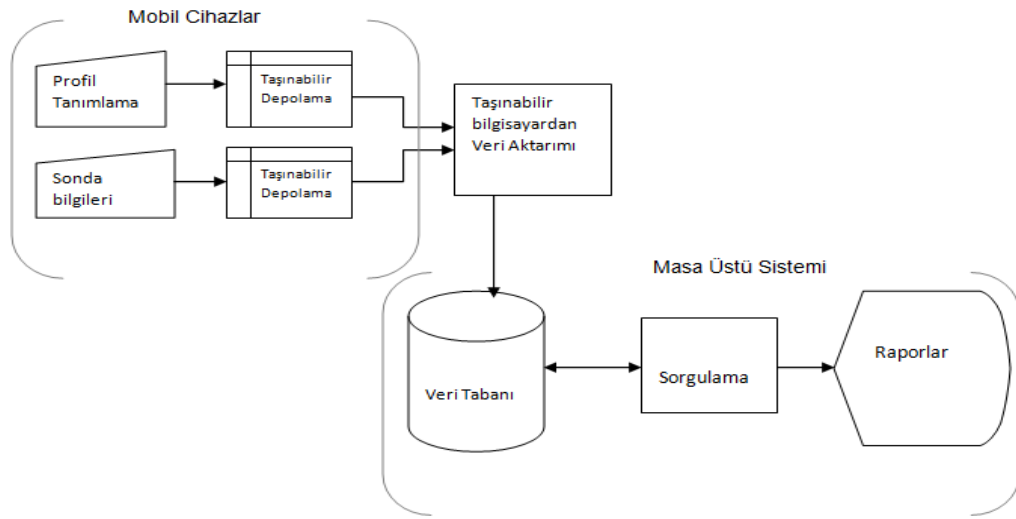
Şekil 3.7. Toprak sınırlarının belirlenmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tekniklerinin birlikte kullanım akış diyagramı.

3.2.2. Mobil Cihazlar için Yazılım Geliştirilmesi

Arazi çalışmaları sırasında açılan profil çukurları için tutulan profil tanımlama kartının çalışma esnasında sayısal ortama kaydedilmesi için Profil Tanımlama 0.2.2. yazılımı geliştirilmiştir. Ayrıca Sonda verilerinin kaydedilmesi için geliştirilen Sonda 0.1.2 yazılımı kullanarak yapılan her sondaya ait sonda yeri koordinatları, sonda numarası, toprakçı burgusu ile belirlenebilen toprak özellikleri

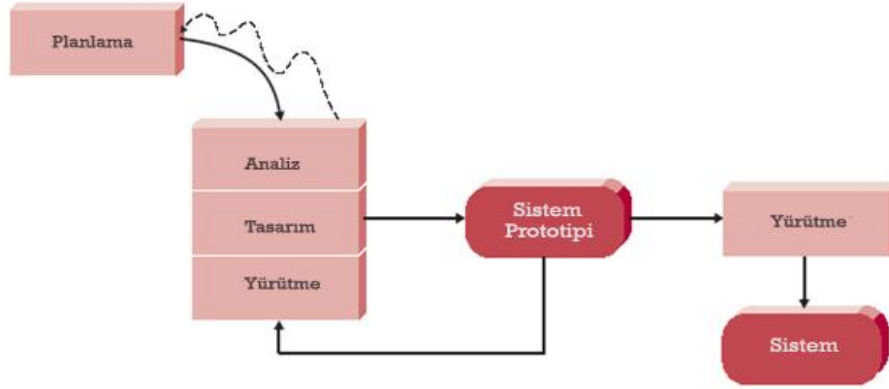
(renk, tekstür, kireç içeriği gibi) ve toprak serisi ve fazlarını gösteren harita sembolü gibi veriler bilgisayar ortamında saklanmasına olanak sağlanmıştır.

Mobil uygulamaların çalışmada kullanımı için planlanan iş akışı (Şekil 3.8) arazi çalışmaları sonrasında verilerin laboratuvar ortamında hızlı bir şekilde sorgulanıp işlenmesine olanak sağlayacak şekilde planlanmıştır.



Şekil 3.8. Mobil Uygulamaların Akış Şeması

Her iki uygulamanın geliştirilmesi için Microsoft Visual Studio 2005 yazılımı kullanılmış ve .Net Compact Framework yüklü Microsoft Windows Mobile 5.0 yüklü avuç içi bilgisayarlar da çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Uygulama geliştirme sürecinde Hızlı Uygulama Geliştirme metodoloji (Şekil 3.9) kullanılmıştır.

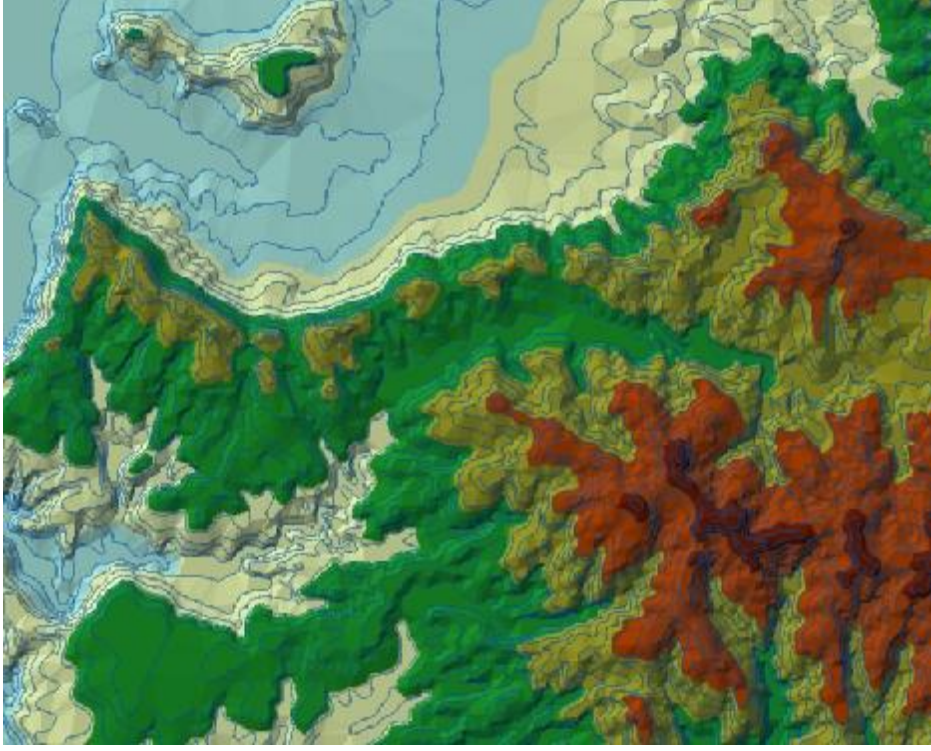


Şekil 3.9. Hızlı Uygulama Geliştirme Metodolojisi

3.2.3. Eğim Haritalarının Hazırlanması için Kullanılan Yöntemler.

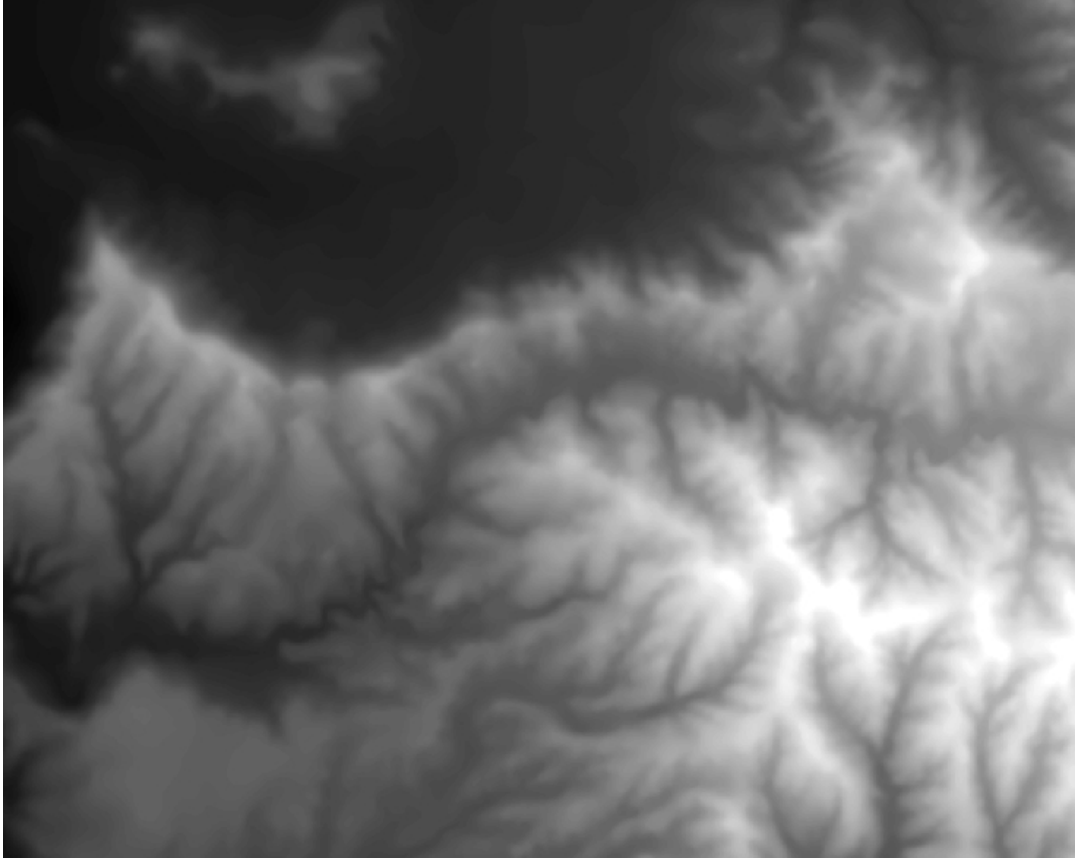
Çalışma içerisinde TIN (Düzensiz Üçgenler Ağı; Triangulated Irregular Network) veri modeli ve Sayısal yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak eğim haritaları elde edilmiş ve başarımları arazi gözlemleri ile kıyaslanmıştır.

TIN (Düzensiz Üçgenler Ağı; Triangulated Irregular Network) veri modeli: Süreklilik gösteren yüzeylerin raster olarak gösterimine alternatif bir veri modeli şeklindedir. Arazi veya üçüncü boyut özelliği taşıyan diğer yüzeylerin analizi ve gösterimini etkin bir şekilde sağlar. (Şekil 3.10.) TIN veri modelinde, yüzey birbirine komşu dolayısıyla bağlanmış üçgenler serisiyle ifade edilir. Üçgenler herhangi bir konumda düzensiz olarak dağılmış üç noktadan üretilir. Sonuçta TIN modeli topolojik olarak ilişkilendirilmiş üçgenlerin oluşturduğu bir ağ yapısına sahip olmaktadır.



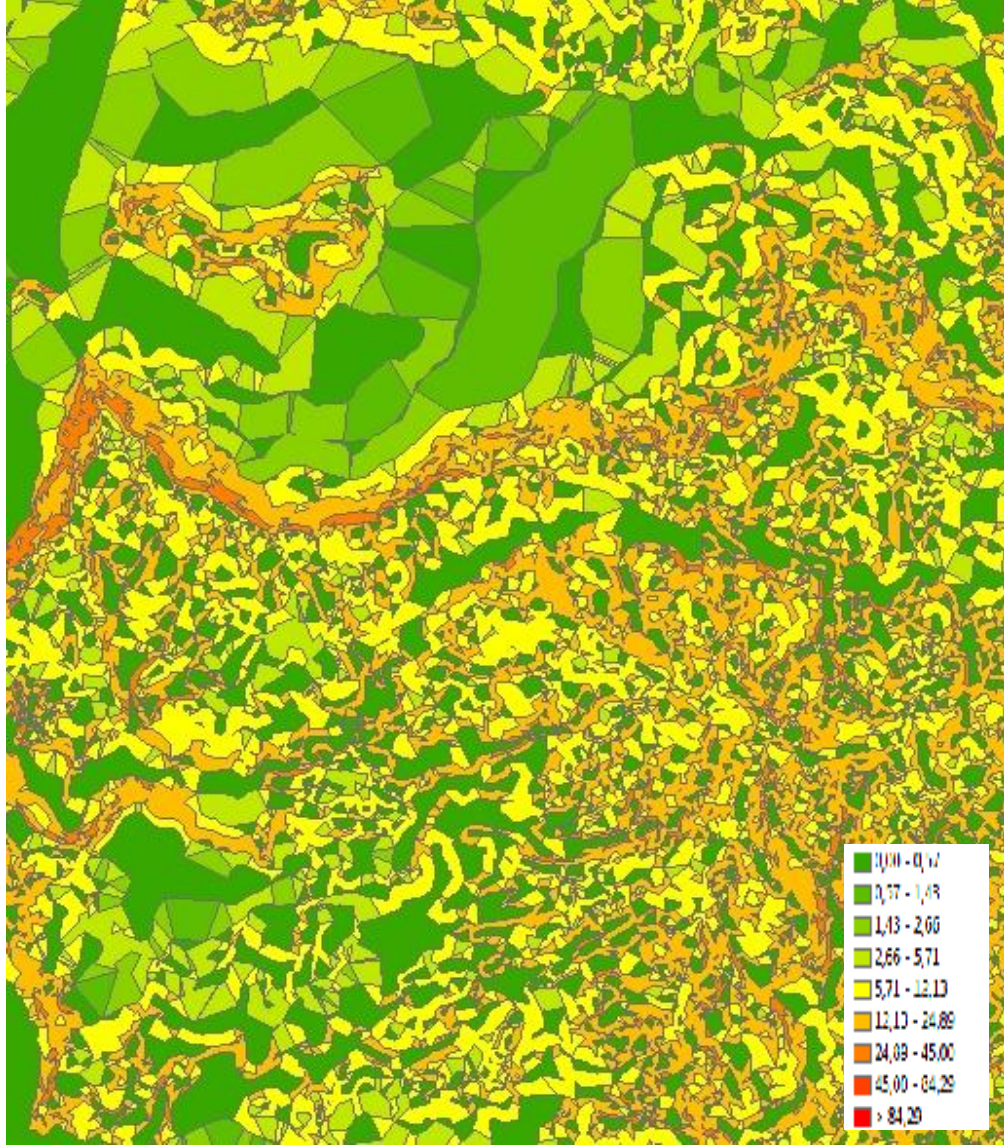
Şekil 3.10. Eş yükseklik eğrilerinden elde edilen TIN modeli

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM): ABD Jeolojik Etüdler Dairesi (USGS) tarafından tanımlanan, x ve y yönünde düzenli aralıklarla bölünmüş alanlarda ortak bir düşey datuma dayandırılmış z (yükseklik) değerlerini ihtiva eden sayısal kartografik bir arazi temsil yöntemidir (Yastıklı, 2003). Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (SAYM) olarak da bilinen bu model kısaca eşit aralıklı yükseklik değerlerinin fiziksel yeryüzünü temsil ettiği sayısal bir gösterim şeklidir. (Şekil 3.11.)



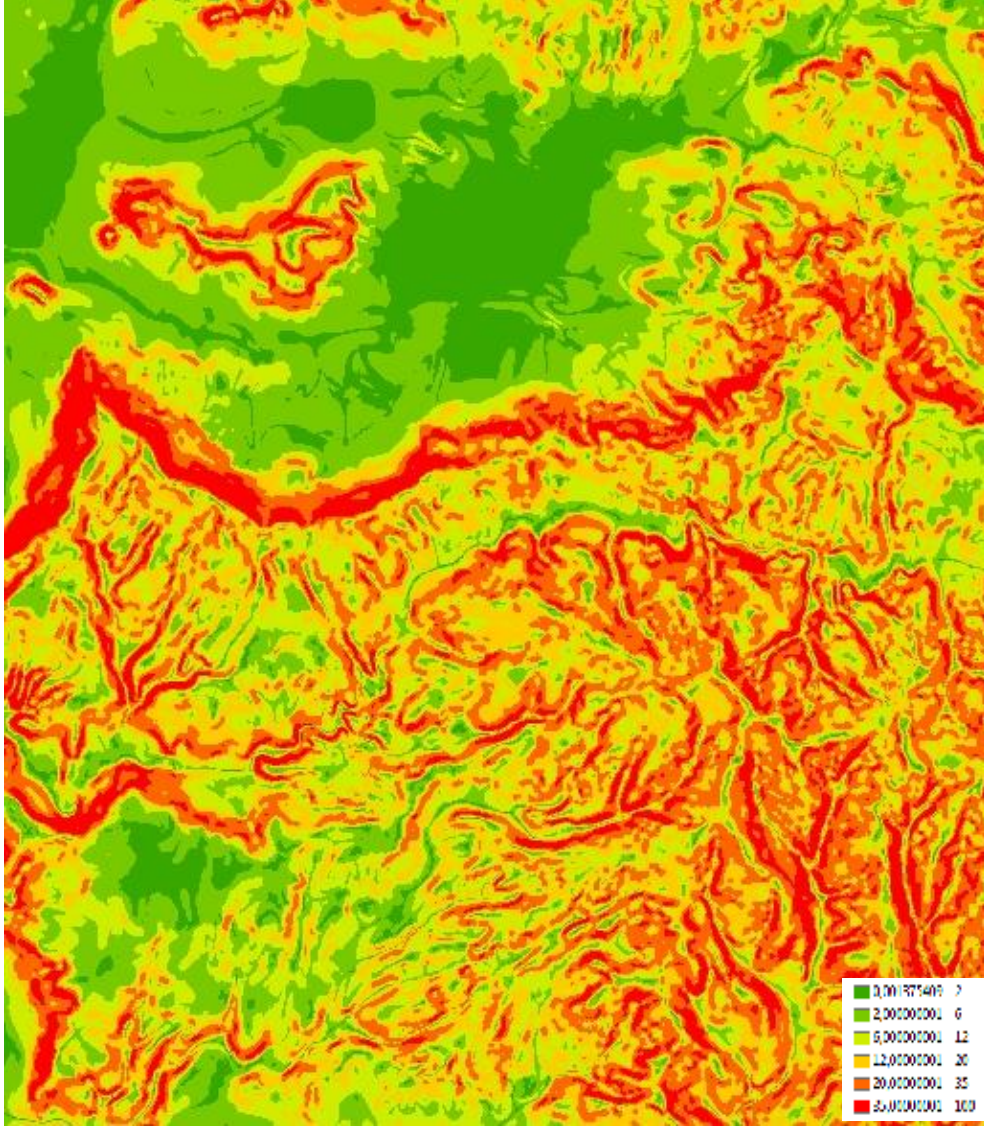
Şekil 3.11. Sayısal Yükseklik Modeli

Arazi yüzeylerinin yataydan olan sapmaları eğim olarak bilinir. Eğim, durulan noktadan olan düşey mesafenin yatay mesafeye olan oranının tanjant açısıyla ifadesidir. Uygulamada arazi eğimi çoğu kez yüzde (%) ile gösterilir. Sayısal arazi modellerinden oluşturulan yüzey üzerinde seçilecek iki nokta arasındaki eğim doğrudan sorgulanabileceği gibi, bazı konum analizlerine yardımcı olacak nitelikte de eğim sorgulaması da yapılır. Çalışmada eğim sınıfları haritası çıkarmak için hem TIN modeli hem de SYM kullanılmıştır (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13).



Şekil 3.12. TIN Modelinden elde edilen eğim sınıfları haritası

SYM ve TIN modeli oluşturmak için ArcGIS 9.2 Yazılımı'nın 3D Analyst ve Spatial Analyst araç eklentileri ve çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli haritaların eş yükseklik eğri katmanları kullanılmıştır.



Şekil 3.13. SYM modelinden elde edilen eğim sınıfları haritası

3.2.4 Yapay Sinir Ağı Uygulamaları

Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece Yapay Sinir Ağları denen yeni ve günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yönteminden farklı bir bilim alanı ortaya

çıkıştır. Yapay sinir ağları; yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsama alanına girmektedir.

Genel anlamda YSA, insanların düşünüş sürecini, çeşitli algoritmalar kullanarak bilgisayarlar tarafından taklit eden sistem olarak tanımlanabilir (Sağıroğlu ve ark., 2003). YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder.

İşlemci eleman (Yapay Nöron) : Bir YSA modelinin temel birimi, Şekil. 3.14’de gösterilen işlem elemanıdır. Burada girişler dış kaynaklardan veya diğer işlem elemanlarından gelen işaretlerdir. Bu işaretler, kaynağına göre kuvvetli veya zayıf olabileceğinden ağırlıkları da farklıdır.

YSA’da girilen giriş değerlerine önce toplama fonksiyonları uygulanır ve her bir işlem elemanının çıkış (İEÇ) değeri

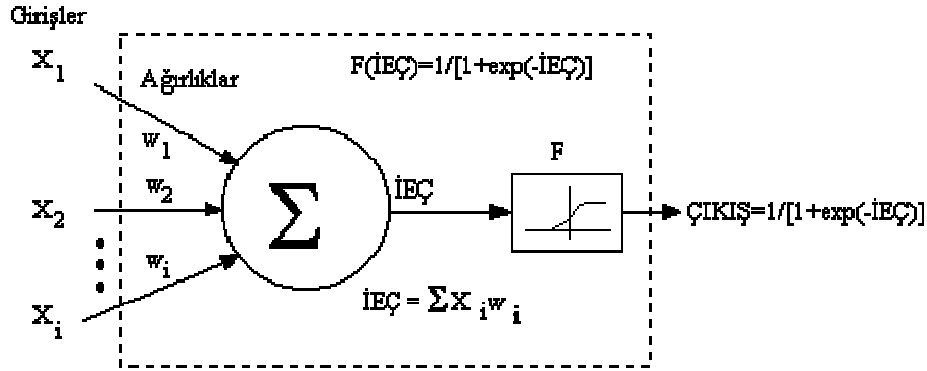
$$IEÇ = \sum_{j=1}^N X_j W_{ij} - \theta_i \quad (3.1)$$

olarak bulunur. Burada X_i i’inci girişi, W_{ij} j’inci elemandan i’inci elemana bağlantı ağırlığını ve θ_i eşik (threshold) değerini göstermektedir. Daha sonra bu çıkış değerleri sigmoidal aktivasyon fonksiyonuna yani öğrenme eğrisine uygulanır. Sonuçta çıkış değeri aşağıdaki şekilde bulunur.

$$ÇIKIŞ = \frac{1}{1 + e^{-IEÇ}} \quad (3.2)$$

Uygulamalarda, en çok *hiperbolik tanjant* veya *sigmoid* fonksiyonu kullanılmaktadır. Şekil 3.14’de işlemci eleman çıkışında kullanılan sigmoid

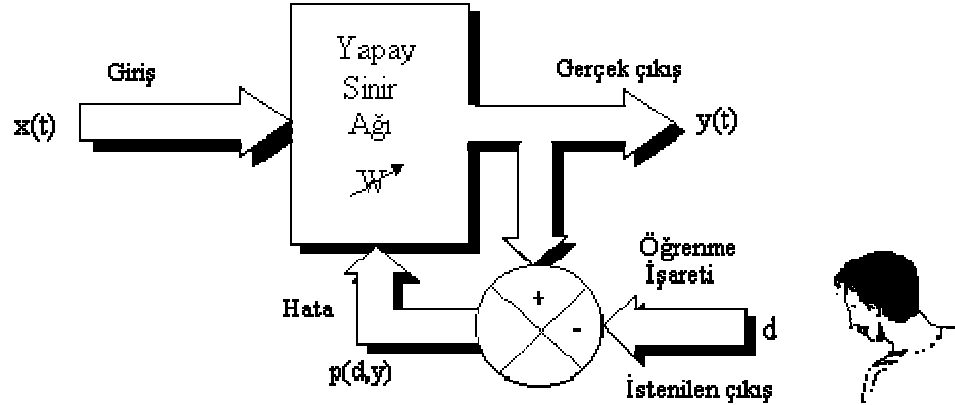
fonksiyona göre çıkış değerinin hesaplanması gösterilmiştir. Bu işlemci elemanın çıkış değeri diğer işlemci elemanlarına giriş veya ağırlık çıkış değeri olabilir.



Şekil 3.14. Bir işlemci elemanı (yapay nöron) (Sağıroğlu ve ark., 2003)

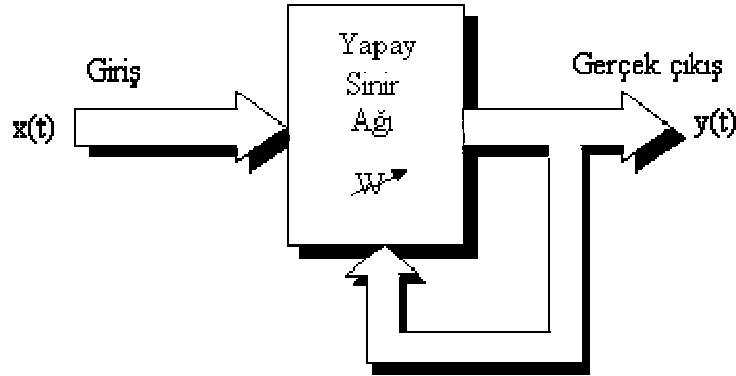
YSA’ların Öğrenme Algoritmalarına Göre Sınıflandırılması: Öğrenme; gözlem, eğitim ve hareketin doğal yapıda meydana getirdiği davranış değişikliği olarak tanımlanmaktadır. O halde, birtakım metot ve kurallar, gözlem ve eğitime göre ağıdaki ağırlıkların değiştirilmesi sağlanmalıdır. Bunun için genel olarak üç öğrenme metodundan ve bunların uygulandığı değişik öğrenme kurallarından söz edilebilir. Bu öğrenme kuralları aşağıda açıklanmaktadır.

Danışmanlı Öğrenme (Supervised Learning) : Bu tip öğrenmede, YSA’ya örnek olarak bir doğru çıkış verilir. İstenilen ve gerçek çıktı arasındaki farka (hataya) göre İE’ler arası bağlantıların ağırlığını en uygun çıkışı elde etmek için sonradan düzenlenebilir. Bu sebeple danışmanlı öğrenme algoritmasının bir “öğretmene” veya “danışmana” ihtiyacı vardır. Şekil 3.15’de danışmanlı öğrenme yapısı gösterilmiştir. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri besleme (back propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir.



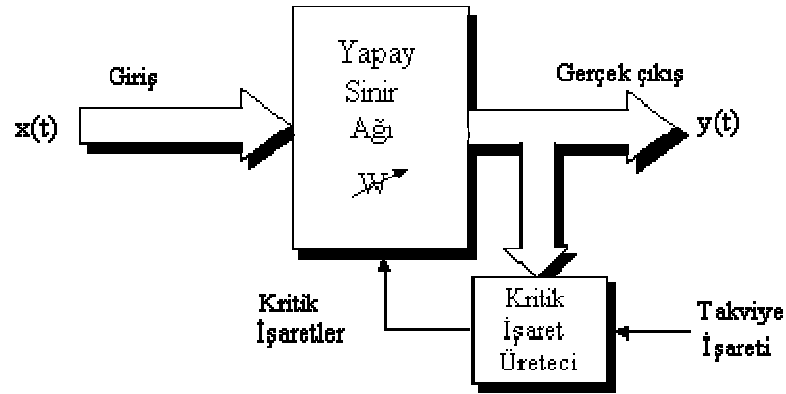
Şekil 3.15. Danışmanlı öğrenme yapısı (Sağıroğlu ve ark., 2003)

Danışmansız Öğrenme (Unsupervised Learning) :Girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirmektedir. Bu öğrenme algoritmalarında, istenilen çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. Öğrenme süresince sadece giriş bilgileri verilir. Ağ daha sonra bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren desenler (patterns) oluşturmak üzere ayarlar. Şekil 3.16’de danışmansız öğrenme yapısı gösterilmiştir. Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.16 Danışmansız öğrenme yapısı (Sağıroğlu ve ark., 2003)

Takviyeli öğrenme (Reinforcement learning) :Bu öğrenme kuralı danışmanlı öğrenmeye yakın bir metoddur. Denetimsiz öğrenme algoritması, istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Hedef çıktıyı vermek için bir “öğretmen” yerine, burada YSA’ya bir çıkış verilmemekte fakat elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık iyiliğini değerlendiren bir ölçüt kullanılmaktadır. Şekil 3.17’de takviyeli öğrenme yapısı gösterilmiştir. Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski’nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya GA takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilirler.



Şekil 3.17. Takviyeli öğrenme yapısı(Sağıroğlu ve ark., 2003)

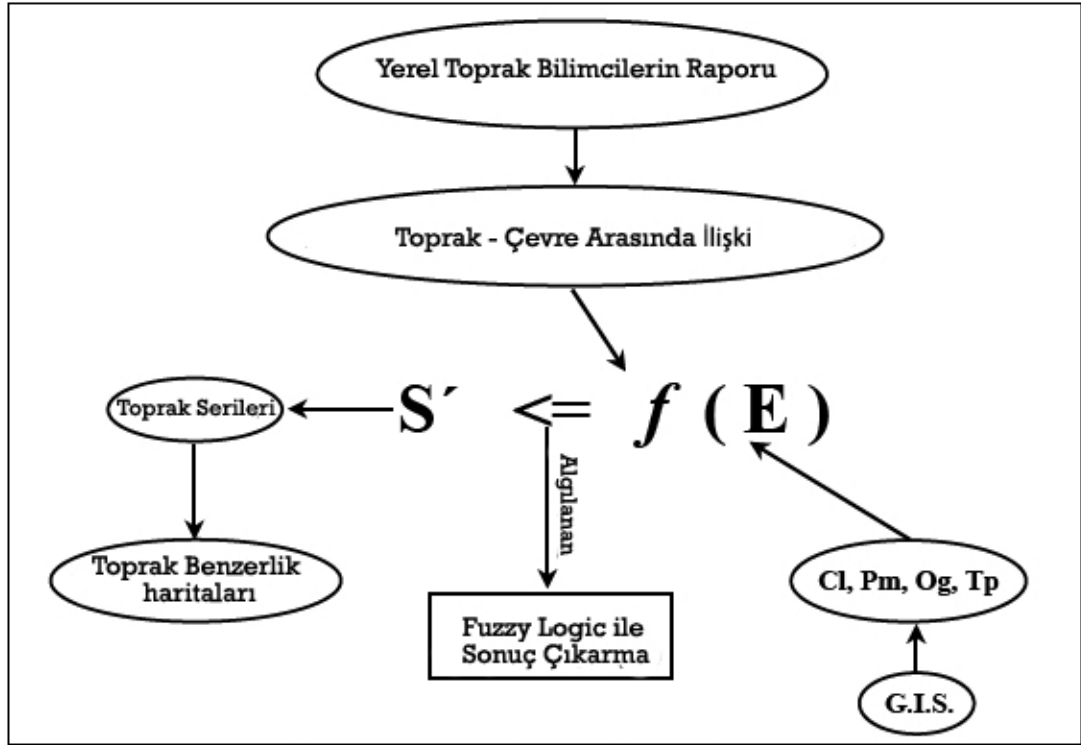
YSA Kullanılarak Yapılan Çalışmalar: Çalışmada YSA uygulamaları için Matlab R2008a yazılımı kullanılmıştır. Uygulama için Feed-Forward YSA ile Resilient Backpropagation öğrenme algoritmasına dayalı ağ oluşturulmuş ve hazırlanan veri setleri ile ağ eğitime çalışılmıştır. Eğitimde kullanılmak için çalışma alanından seçilmiş örnek bir alana ait uydu verileri, eğim haritaları ve klasik yöntemler ile oluşturulmuş toprak haritalarından elde edilen veri setleri kullanılmıştır.

Veri setlerini elde etmek için aynı konuma denk gelen uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritası üst üste çakıştırılarak Adobe Photoshop CS3 yazılımı vasıtası ile 120x120 piksellik alanlara ayrılmış ve her alana ait katmanlar ayrı ayrı gif formatında 8 bitlik veriler olarak kaydedilmiştir. Sonrasında elde edilen gif

dosyaları Matlab programında kullanılmak üzere Excel tablolarına dönüştürülmüştür. Uygulamada YSA'yı eğitmek için uydu verileri ve eğim haritaları giriş verisi, toprak haritası ise çıkış verisi olarak kullanılmıştır.

3.2.5 Toprak –Fizyografya Etkileşim Modeli (SoLIM)

SOLIM (soil- landscape inference model, toprak-fizyografya etkileşim modeli) Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzman Bilgi ve Bulanık Mantık (fuzzy logic) yöntemlerini kullanarak toprak özelliklerini bulmayı/tahmin etmeyi hedefleyen bir modeldir (şekil 3.18). 1997 yılında geliştirilen bu model ile ilk olarak etkileşim, benzerlik ve olasılık yaklaşımıyla bir bölgedeki toprak özelliklerini araştırılmıştır (Zhu ve ark.,1997). Bu metodolojinin temeli toprak ve oluşum ortamına ait bilgi ve kavramların CBS nin bulanık mantık altındaki analiz gücünün kullanımına dayanmaktadır. Toprakların alansal ve parametrelerindeki olası değişiklerinin, özellikle toprak yapan faktörlerin detaylı analizlerini CBS lerini kullanarak yapılmasını içermektedir. Bu model gerek toprak etüdlerinde gerekse revize çalışmalarında zamansal ve ekonomik faydalar sağlamaktadır. Ancak elde edilecek sonuçların doğruluğu ve kalitesi tamamen çevresel ve toprak-peyzaj verilerinin doğruluğuna ve kalitesine bağlıdır (Zhu ve ark.,2001)



Şekil 3.18. SoLIM teorik temelleri. Toprak (S) çevresel faktörlerin bir fonksiyonudur. Cl: iklim, Pm: Ana materyal, Og: Organizma, Tp: Topografya. (Zhu ve ark., 1997)

SoLIM uygulaması için çalışmada 3 farklı yazılım kullanılmıştır. Mevcut toprak haritalarından verileri analiz etmek için KnowledgeMiner1.0 yazılımı, analiz edilen bilgiler ile toprak ve peyzaj ilişkilerini hesaplayarak sonuçları tahmin etmek için SoLIMSuite1.5 ve sonuçları görüntülemek için 3dmapper yazılımları kullanılmıştır.

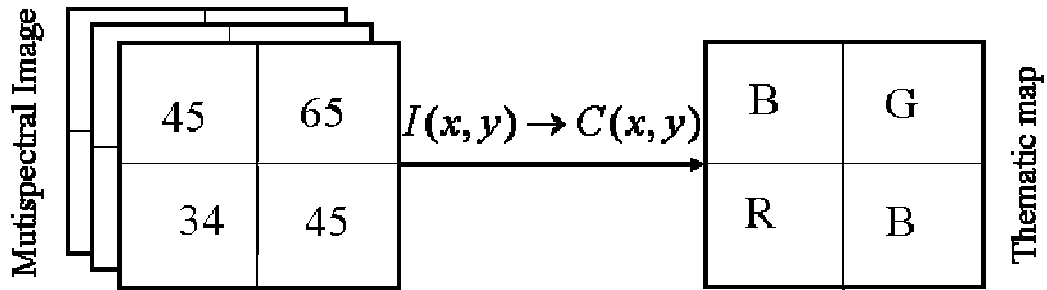
Yapılan uygulama için gerçekleştirilen işlem basamakları aşağıdaki gibidir:

- Topografik haritalardan türetilen eğim, bakı, yükseklik gibi veri katmanları ArgGIS yazılımı vasıtası ile grid ASCII formatına çevrilerek kaydedilmiştir..
- Oluşturulan veri katmanları SoLIMSuite1.5 yazılımı ile *.3dr formatına çevrilmiştir.
- Test için seçilen bölgeye ait toprak haritaları ve sayısal topoğrafik harita KnowledgeMiner1.0 yazılımı ile analiz edilerek SoLIM uygulaması için gerekli bilgi tabanı elde edilmiştir.

- SoLIMSuite1.5 yazılımı ile her toprak serisi için muhtemel toprak dağılım haritaları çıkarılmıştır.
- 3dmapper programı ile altlık olarak kullanılmak üzere bölgeye ait ArcGIS grid ASCII formatında saklanmış sayısal yükseklik modeli (SYM) ile aynı bölgenin uydu görüntüsü veya hava fotoğrafı birleştirilerek *.3dm uzantılı olarak kaydedilmiştir.
- Altlık SYM/Foto üzerine SoLIM uygulaması tarafından üretilen haritalar 3dmapper programı ile birlikte açılarak sonuçlar görüntülenmiştir.

3.2.6 İstatiksel Görüntü Sınıflandırma Çalışmaları

Görüntü sınıflandırmanın hedefi görüntüyü farklı renklerde sınıflar olarak tanımlamak ve resmetmektir (Anonim, 2009). Oluşturulan görüntü temsil ettiği yeryüzü içindeki nesnelerin veya yeryüzü şekillerinin sınıflarını temsil eden renklerden meydana gelir (Şekil 3.19).

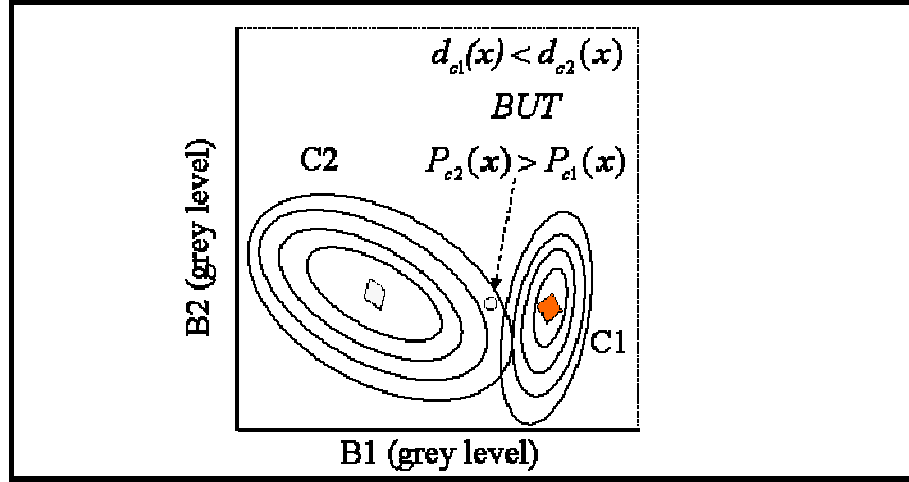


Şekil 3.19. Multispektral görüntüden sınıflandırılmış tematik harita oluşturma (Anonim, 2009)

Çalışmada klasik yöntemler ile toprak haritası çıkarılan test alanın uydu görüntüsü ile toprak sınırlarının ilişkisini belirlemek amacı ile QuickBird uydu görüntüleri ile eğitimsiz sınıflandırma yöntemi (kümeleme) ve maksimum benzerlik algoritmaları kullanılmıştır.

Maksimum Benzerlik Algoritması: Bu algorithmada temel olarak pikseller en yüksek olasılıkla ait olduğu sınıfa atanır (Şekil 3.20). Algoritmanın karar kuralları denklem 3 de gösterilmiştir.

$$c_i \leftarrow x \text{ iff } P_i(x) > P_j(x) \quad (3.3)$$



Şekil 3.20. Maksimum Benzerlik algoritması özellik uzayı. X noktası c1 sınıf ortalama vektörüne daha yakın mesafede olmasına rağmen c2 sınıfına ait olma olasılığı daha yüksektir. (Anonim, 2009)

Eğitimsiz Sınıflandırma (Kümeleme): Eğitimsiz sınıflamada, başlangıçta elde sınıfı bilinen örnekler yoktur. İstatistiksel bilgiler kullanılmaz. Bu durumda elde verilerde birbirine benzerlik gösteren kümelerin varlığı gözlenir.

Aynı sınıfa giren pikseller kümeleri oluşturur. Sonuç sınıflama bitiminde, kümeler elde edildiğinde, pratikte bilgi hangi kümenin neyi temsil ettiği bilinmez. Bu bilgiye ulaşmak için o kümedeki bilgiye karşılık gelen yer gerçeğine bakılmalıdır. Bu tür sınıflamaya kümeleme (clustering) denir.

Bu yöntemde aşağıdaki işlem basamakları gerçekleştirilir:

- Özellikli uzayda rasgele küme ortalama vektörleri üretilir.
- Her piksel Öklit mesafesi kullanılarak ortalama vektör kümelerinden birine yerleştirilir (Denklemler 4).
- Atanan piksellere dayalı olarak küme ortalama vektörleri güncellenir
- İkinci yerleşimde kullanılan yeni küme ortalama vektörleri N iterasyon için seçilir

$$d_{cx} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (c_i - x_i)^2} \equiv \sqrt{\{c_1 - x_1\}^2 + \{c_2 - x_2\}^2 + \dots + \{c_N - x_N\}^2} \quad (4)$$

Çalışmada kümele işlemi için test alanı içerisinde ormanlık alanlar ve çıplak araziler görüntü içerisinde kesilerek ayrı ayrı test edilmiştir. Sınıflandırma uygulamasında hedeflenen alanlar dışında kalan tüm alanlar ArcGIS yazılımı kullanılarak maskelenmiş ve dekupe edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Profil Tanımlama ve Sonda Yazılımları

Toprak etüdlerinde arazi çalışmaları iki aşama halinde yürütülmektedir (Dinç ve Şenol, 1998). Birinci aşamada profil çukuru açılarak etüd alanında bulunan toprakların morfolojik özellikleri tanımlanıp, laboratuvar analizleri için toprak örnekleri alınmaktadır. İkinci aşamada ise birinci aşamada tanımlanan toprakların yayılım alanlarının belirlenmesi amacıyla sonda yapılarak topraklar incelenmektedir. Bu çalışmada her iki aşamada da topraklara ilişkin verilerin daha kısa sürede eksiksiz olarak kaydedilmesine olanak sağlayacak “Profil Tanımlama” ve “Sonda” yazılımları hazırlanmıştır.

Profil Tanımlama yazılımı Visual Basic.net programlama dilinde, Windows Mobile 5.0 işletim sisteme uyumlu olarak çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Uygulamayı çalıştırmak için .Net Compact Framework 2.0 yüklü avuç içi bilgisayar kullanılmıştır. Profil Tanımlama yazılımının amaçlarından biri de 1. arazi çalışmalarında açılan profil çukurları için doldurulan profil tanımlama kartının arazide elektronik ortamda tutulmasıdır. Hazırlanan yazılımın kolay kullanılabilir olması, bilgilerin eksik girilmesine izin vermemesi ve gerektiğinde tekrar izlenebilir olmasına özen gösterilmiştir.

Profil kayıtlarında konum bilgilerinin hassas bir şekilde tutulması için projede kullanılan el tipi GPS cihazları tarafından tespit edilen koordinat bilgilerinin saklanacağı sahalar eklenmiştir. Bu şekilde verilerin laboratuvar ortamında coğrafi veri tabanı oluşturmak amacı ile kullanımına kolaylık sağlanması amaçlanmıştır (Şekil 4.1)



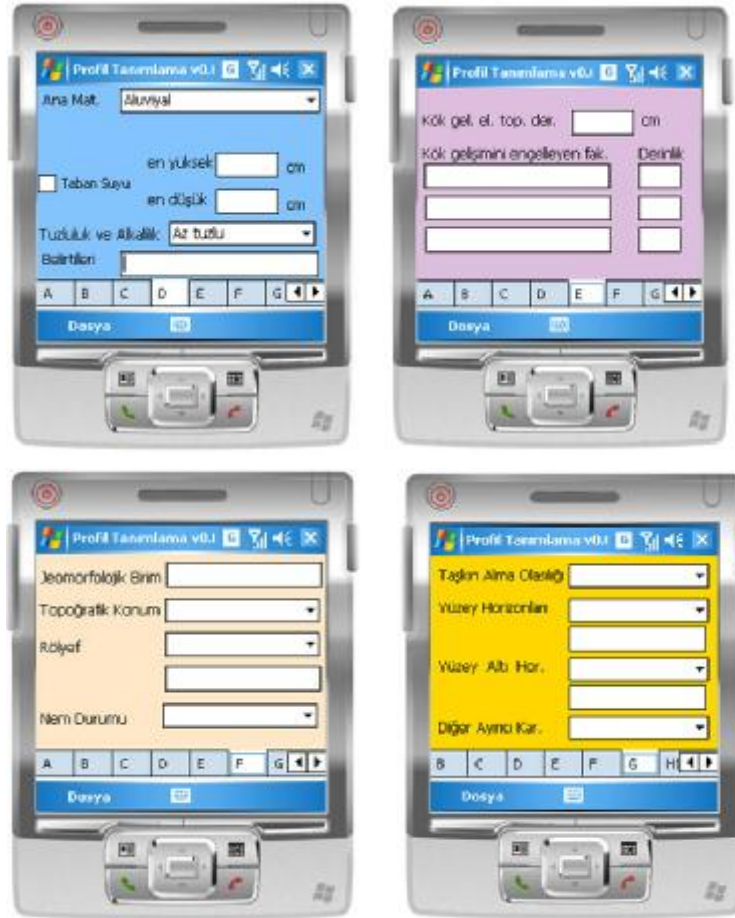
Şekil 4.1. Profil tanımlama yazılımı tanımlama bilgileri ekranı

Arazi çalışmaları sırasında veri girişini kolaylaştırmak amacı ile belirli değerleri kapsayan sahalara için seçim kutuları kullanılmış ve yazım işlemleri olabildiğince azaltılmıştır. Açıklama gerektiren yerlerde ise zorunlu olarak metin girişi için metin kutuları kullanılmıştır (şekil 4.2).



Şekil 4.2. Profil tanımlama yazılımı ekranlarında kullanılan seçim kutuları ve metin kutuları.

Profil kartlarında doldurulması gereken sahaların tamamı avuç içi bilgisayarın bir ekranına sığamaması nedeni ile veriler 13 farklı ekrana bölünmüş ve ekranlar arası geçiş için sekme kontrolü yerleştirilmiştir. Çalışma esnasında ilgili sekmeye tıklamak ile ekranlar arasında hızlı gezinme mümkün olmaktadır. Ayrıca geçişlerin kolayca fark edilmesi için her ekran farklı renkte tasarlanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Profil tanımlama yazılımının farklı ekranlarından görüntüler

Mobil cihazlar için geliştirilen bu yazılım kullanıldığı taktirde daha önce olduğu gibi profil kartlarına el ile doldurulan bilgilerin tekrar işlenmesi amacıyla bilgisayara aktarılması işlemine gerek kalmamıştır. Profil Tanımlama yazılımı ile kaydedilen veriler masa üstü bilgisayarda işlenmek üzere SQL Server veri tabanından Excel dosyasına kolaylıkla aktarılabilmektedir (Şekil 4.4). Her

tanımlanan toprak serisine ait verilerin tümü bir satırda olacak şekilde düzenlenmiş, toprak serilerine ait aynı tür verinin aynı sütunda yer alması sağlanmıştır. Böylece etütçünün gerek toprak serilerinin tanımlanması aşamasında, gerekse haritalama aşamasında toprak serilerine ait bilgilere daha hızlı ulaşması ve serileri birbiri ile daha sağlıklı karşılaştırması olanağı doğmuştur. Klasik yöntemlerde etütçü tek tek profil tanımlama kartlarına bakmak, kartlardaki bilgileri karşılaştırmak amacıyla hafızasında tutmak zorunda kalmaktaydı. Bu durum bazı hallerde etütçünün serileri ayırt etmede hata yapmasına neden olabilmektedir. Ayrıca Excel tablosundaki verilerden haritalama aşaması için gerekli olan Toprak Haritalama Lejantı daha kısa zamanda ve daha kolay hazırlanabilmektedir.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	(tarih)	(ProfilNo)	(CebirlemeAdı)	(ToprakSerisi)	(Merkez Noktası)	(KordonD)	(KordonB)	(Yukseklik)	(EtilikDüzeni)	(Düzen)	(Etilik)	(EtilikYansıması)	(EtilikYansıması)	(EtilikYansıması)	(EtilikYansıması)
	14.08.15.2017	20	Kuzey adana	ak gıcık	34	2187141	4111444	76.50m	iyi	00-15	Halı	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	15.08.15.2017	25	Kuzey adana	kara kirek	74	2189005	4111440	76.50m	iyi	00-21	Halı	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	16.08.15.2017	26	Kuzey adana	gıcık	74	2189417	4111440	76.50m	iyi	00-15	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	17.08.15.2017	80	Kuzey adana	kum	35	2187161	41113713	72.50m	iyi	00-35	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	18.08.15.2017	8	Kuzey adana	kirek	35	2186367	41113043	77.50m	iyi	00-35	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	19.08.15.2017	20	Kuzey adana	ak gıcık	35	2187114	41113114	76.50m	iyi	00-35	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	20.08.15.2017	10	Kuzey adana	çaylı	35	2186829	41114200	76.50m	iyi	00-20	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	21.08.15.2017	58	Kuzey adana	çaylı	35	2186488	41114315	76.50m	iyi	00-35	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı
	22.08.15.2017	22	Kuzey adana	ak	74	2186788	41113711	76.50m	iyi	00-15	Halı	Kuzey	Kuzey	Halı	Halı

Şekil 4.4. Mobil cihazlardan bilgisayara Excel tablosuna aktarılmış olan toprak serilerine ilişkin veriler.

Etüd sırasında GPS cihazından profil çukuruna ait koordinat bilgilerinin okunarak avuç içi bilgisayara aktarılması ve profil bilgilerinin inceleme esnasında kaydedilmesi için bir kişinin görevli olması mevcut iş akışını hızlandırabilmektedir (şekil 4.5). Birbirine yakın özellikler taşıyan profil çukurlarında profil tanımları doldurulurken daha önce yapılan kayıtlar üzerinde değişiklik yapmak sureti ile yeni kaydı gerçekleştirmek ortak olan bir çok sahaya tekrar veri girişi yapılmaması nedeni

ile kayıt işlemini oldukça kısaltabilmekte ve arazide harcanan süreyi daha da azaltmaktadır.



Şekil 4.5. Arazi çalışmaları esnasında profil tanımlama bilgilerinin mobil cihaz kullanılarak kaydedilmesi

Arazi çalışmalarının 1. aşamasında toprak serilerinin tanımlaması amacıyla geliştirilen yazılıma benzer bir şekilde haritalama aşamasında arazide yapılan sondalara ait bilgilerin girilmesi ve sonda bilgilerinin elektronik ortama aktarılmasına olanak sağlanması amacıyla Sonda yazılımını geliştirilmiştir (şekil 4.6). Sonda yazılımı Visual C#.net programlama dilinde Windows Mobile 5.0 işletim sisteme uyumlu olarak çalışacak şekilde geliştirilmiş ve uygulamayı çalıştırmak için. net compact framework 2.0 yüklü avuç içi bilgisayar kullanılmıştır. Bu yazılımı kullanarak yapılan her sondaya ait sonda yeri koordinatları, sonda numarası, toprakçı burgusu ile belirlenebilen toprak özellikleri (renk, tekstür, kireç içeriği gibi) ve toprak serisi ve fazlarını gösteren harita sembolü gibi veriler bilgisayar ortamında saklanabilmektedir. Haritalama aşamasında her sondaya ilişkin verilerin cep bilgisayarına girilmesi arazide zaman kaybına neden olmaktadır. Ancak, toplulaştırma etüdleri gibi çok detay gerektiren toprak etüdlerinde bu verilerin kayıt

altına alınması zorunlu olduğundan bu yazılımın kullanılması verilerin eksiksiz ve daha kısa sürede kaydedilmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 4.6. Mobil cihazlar için geliştirilmiş Sonda yazılımının başlangıç menüsü

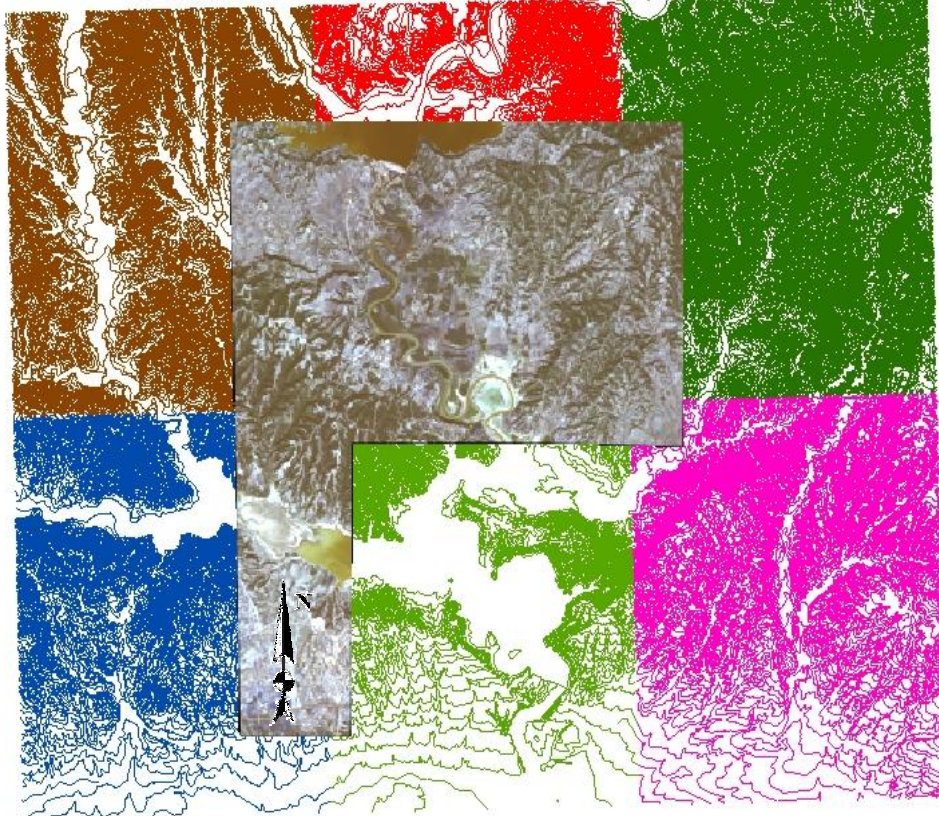
Her iki yazılımda avuç içi bilgisayarlarının yanı sıra Windows Mobile işletim sistemi yüklü yeni nesil cep telefonlarında da çalışabilmektedir. Aynı zamanda depolanan verilerin diğer bilgisayarlara aktarılarak veri tabanı oluşturmaya olanak sağlanmakta, böylece gerekli sorgulamalar ve bilgi üretimi kolaylıkla yapılabilmektedir.

4.2. Eğim Haritalarının Hazırlanması

Toprak oluşum faktörlerinden topografyanın en önemli ögesi olan eğim, erozyon ve toprak profilinden sızan su miktarını yönlendire bir faktördür (Dinç ve ark. 1987). Bu nedenle eğime bağlı olarak toprak derinliği, horizonlar ve gelişim derecesi, yıkanma, organik madde birikimi gibi birçok toprak özelliği de değişmektedir. Ayrıca eğimdeki farklılıklar toprakların kullanımı ve yönetimini de etkilemektedir (Dinç ve Şenol, 1998). Bunun sonucu eğim, detaylı toprak etüd ve

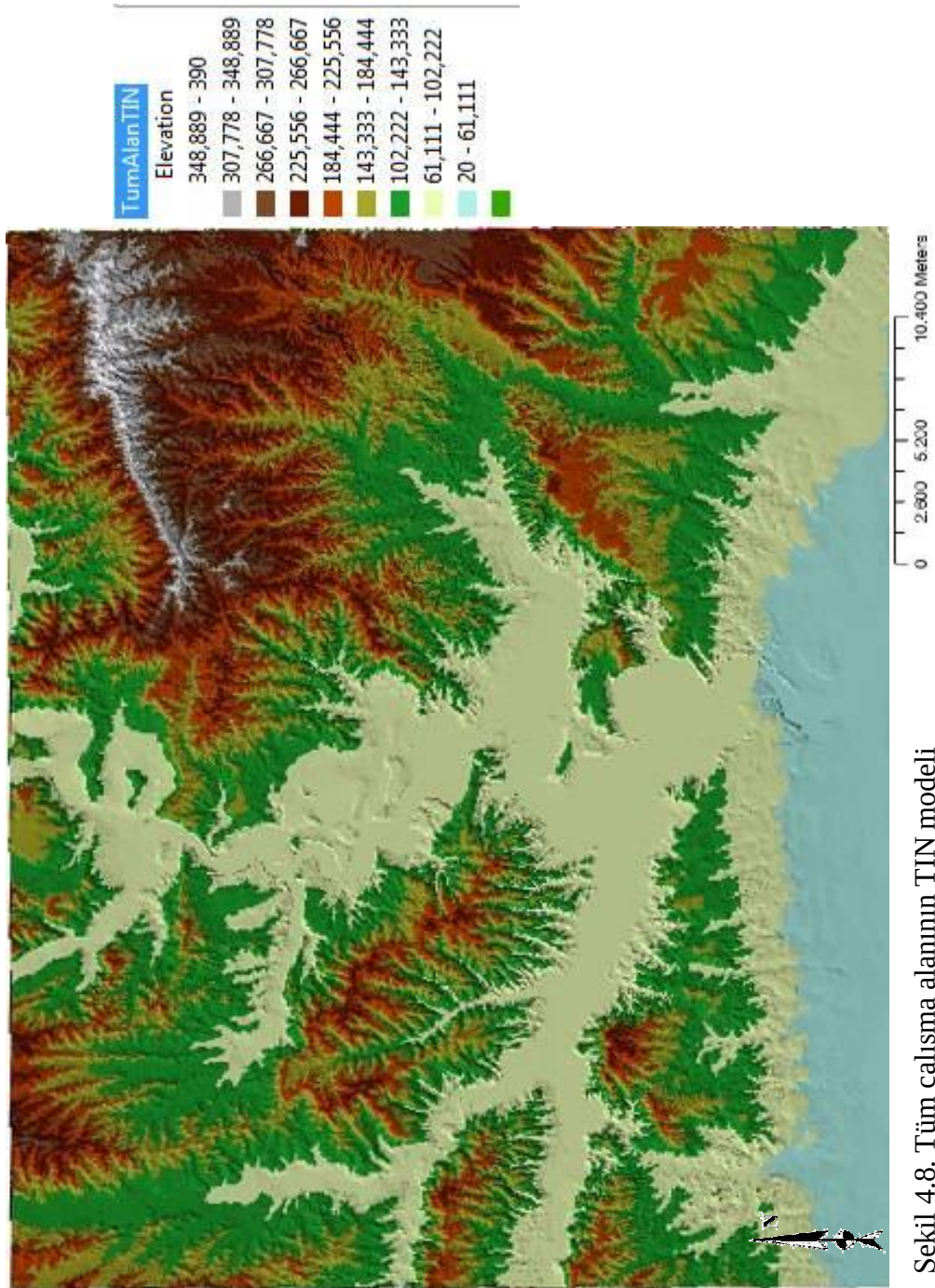
haritalamada faz olarak haritalanan önemli arazi karakteristiğidir. Bu ilkedan hareketle çalışmada mevcut topografik harita bilgilerinden yararlanılarak farklı eğim sınıflarına sahip alanların arazi çalışması öncesinde mevcut yazılımlardan yararlanılarak ayırt edilmesi ve sınırların belirlenmesi olanakları araştırılmıştır.

Çalışma alanının eğim haritaların elde edilmesi için Harita Genel Komutanlığından temin edilen 1:25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Satın alınan Ekim 2006 tarihli çalışma alanının QuickBird uydu görüntüsü ile aynı alana denk gelen n34c1, n34c2, n34c3, n35cd, nc4d2 ve n34d3 nolu sayısal yükseklik paftaları (Şekil 4.7) ArcGIS yazılımı ile birleştirilerek tüm alanın kesintisiz eğim haritası çıkarılması amacıyla TIN modeli ve SYM modeli ile eğim haritası oluşturma yöntemleri ayrı ayrı denenmiş, elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.



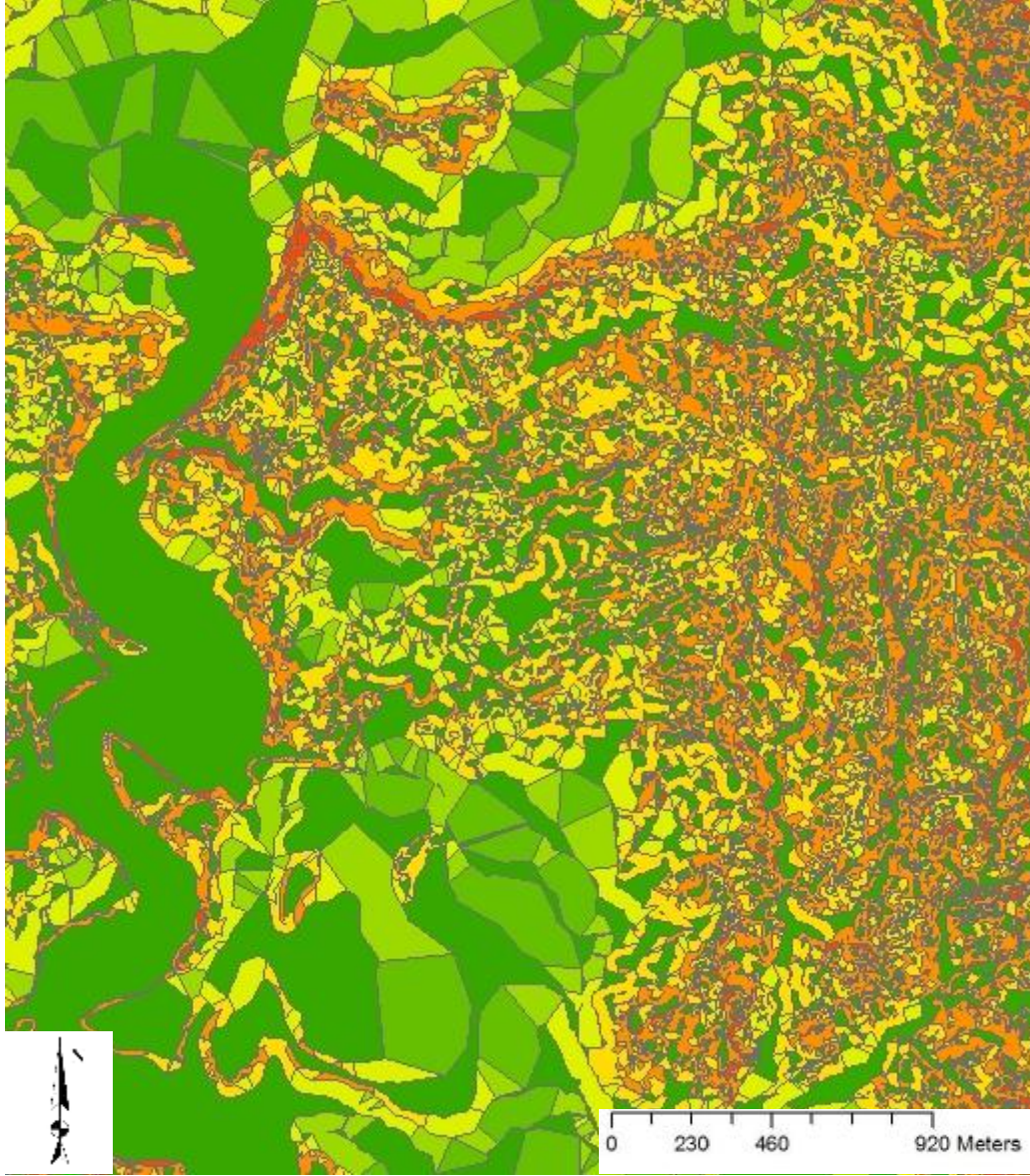
Şekil 4.7. Çalışma alanının QuickBird uydu görüntüsü ve eğim haritası oluşturmak için kullanılan sayısal yükseklik paftaları. (n34d2- kahverengi, n34c1- kırmızı, n34c2 – koyu yeşil, n34d3-mavi, n34c4 – açık yeşil ve n34c3 – pembe olarak renklendirilmiş)

TIN (Düzensiz Üçgenler Ağı; Triangulated Irregular Network) veri modeli ile eğim haritasının oluşturulması: Eğim haritası oluşturmak için öncelikle yükseklik paftalarından TIN veri modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan TIN modeli yükseklik verilerine göre sınıflandırılarak renklendirilmiş ve bu şekilde arazinin genel bir görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 4.8)



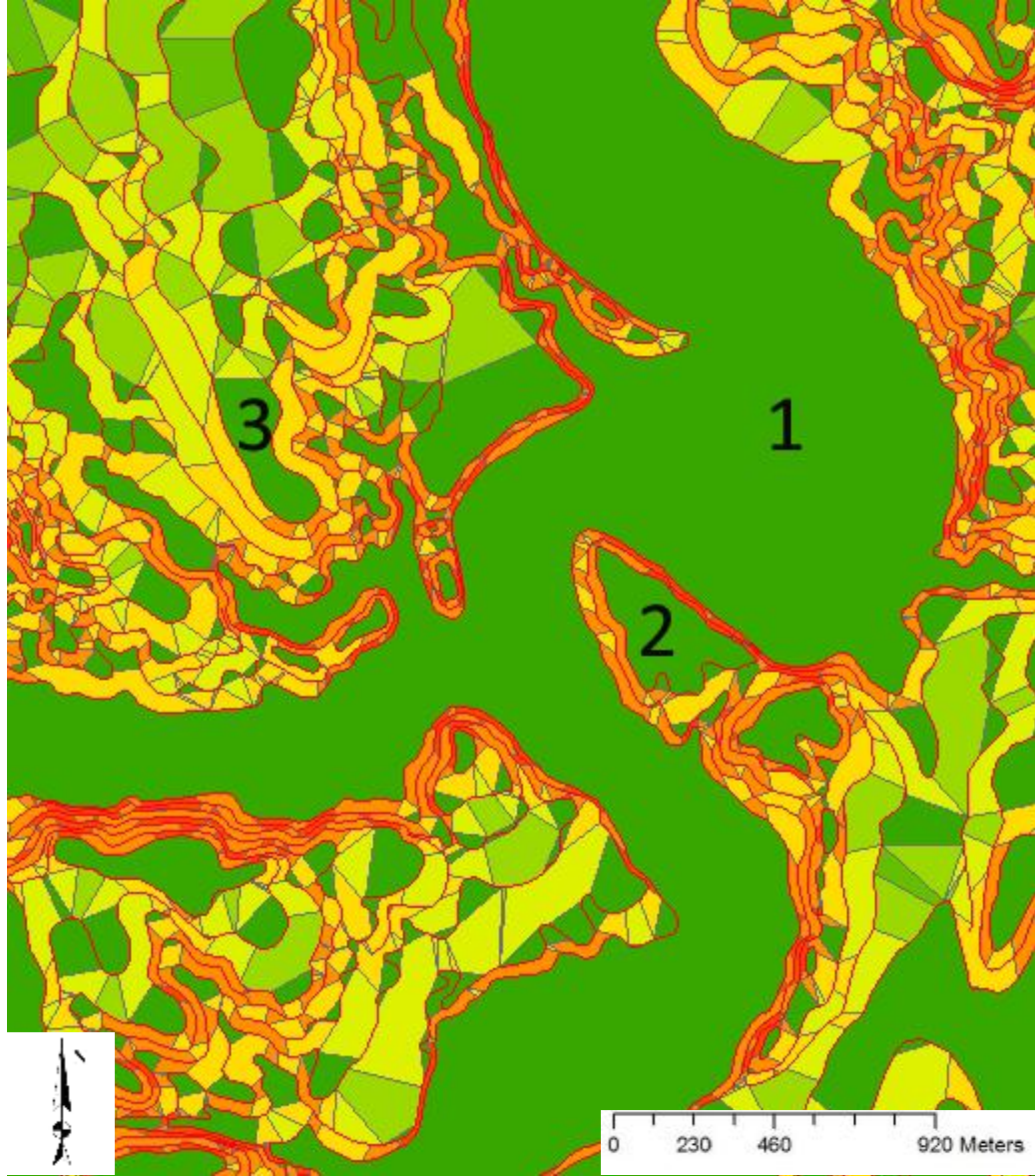
Şekil 4.8. Tüm çalışma alanının TIN modeli

Çalışma alanına ait TIN modelinden faydalanarak TIN Eğim yüzeyi oluşturulmuştur (Şekil 4.9).

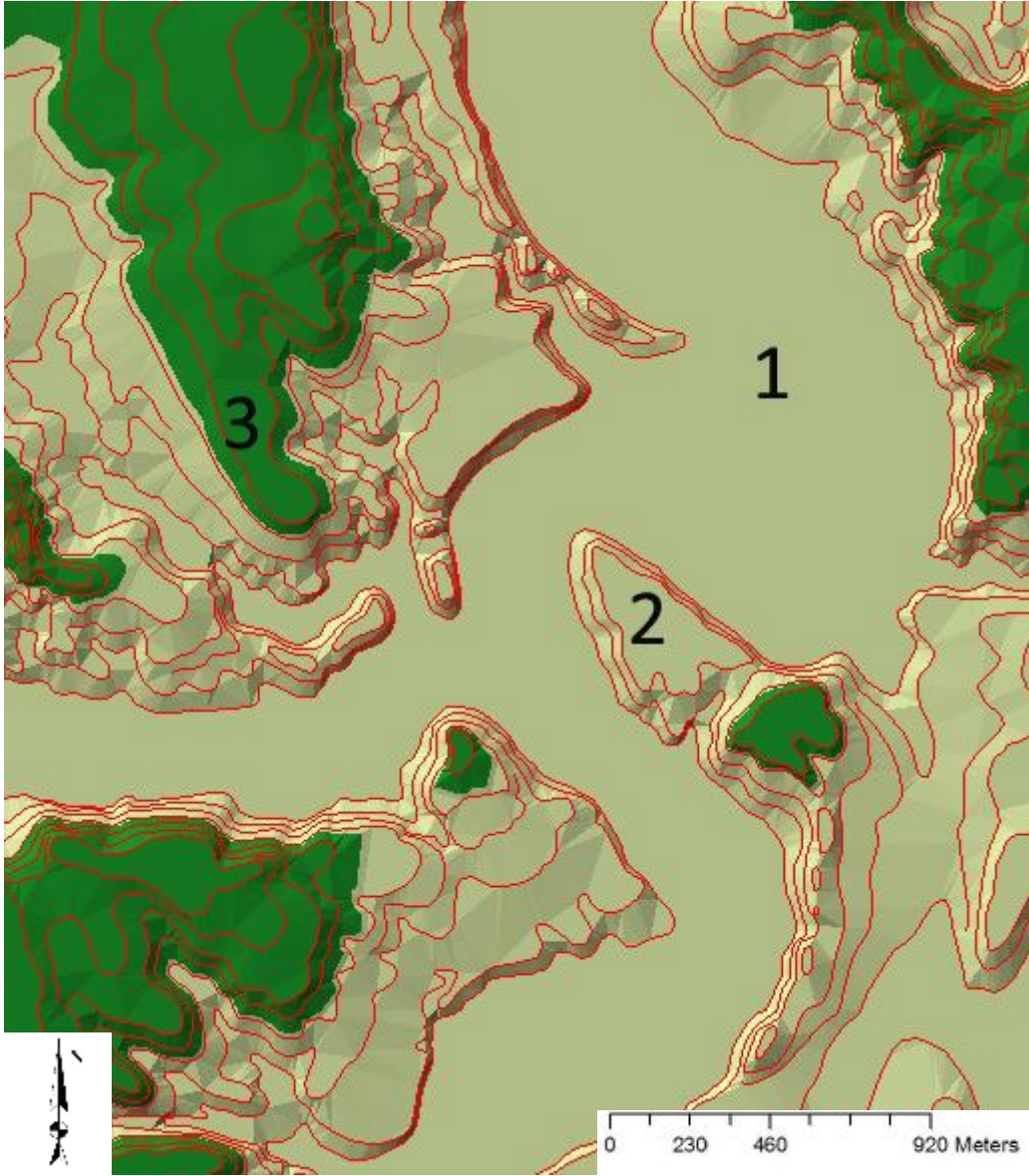


Şekil 4.9. Çalışma alanına ait TIN eğim haritasından bir kesit

Arazi yapısını gözlemlemek için iyi bir görünüm veren modelden üretilen eğim haritasında eşyüksekti çizgilerinin seyrek geçtiği ve özellikle kapalı bir eğri oluşturduğu dere yatağı ve tepe üstü sırt şeklindeki arazilerinde hatalar tespit edilmiştir. Model Bu bölgelerdeki eğimi sıfır derece olarak göstermektedir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

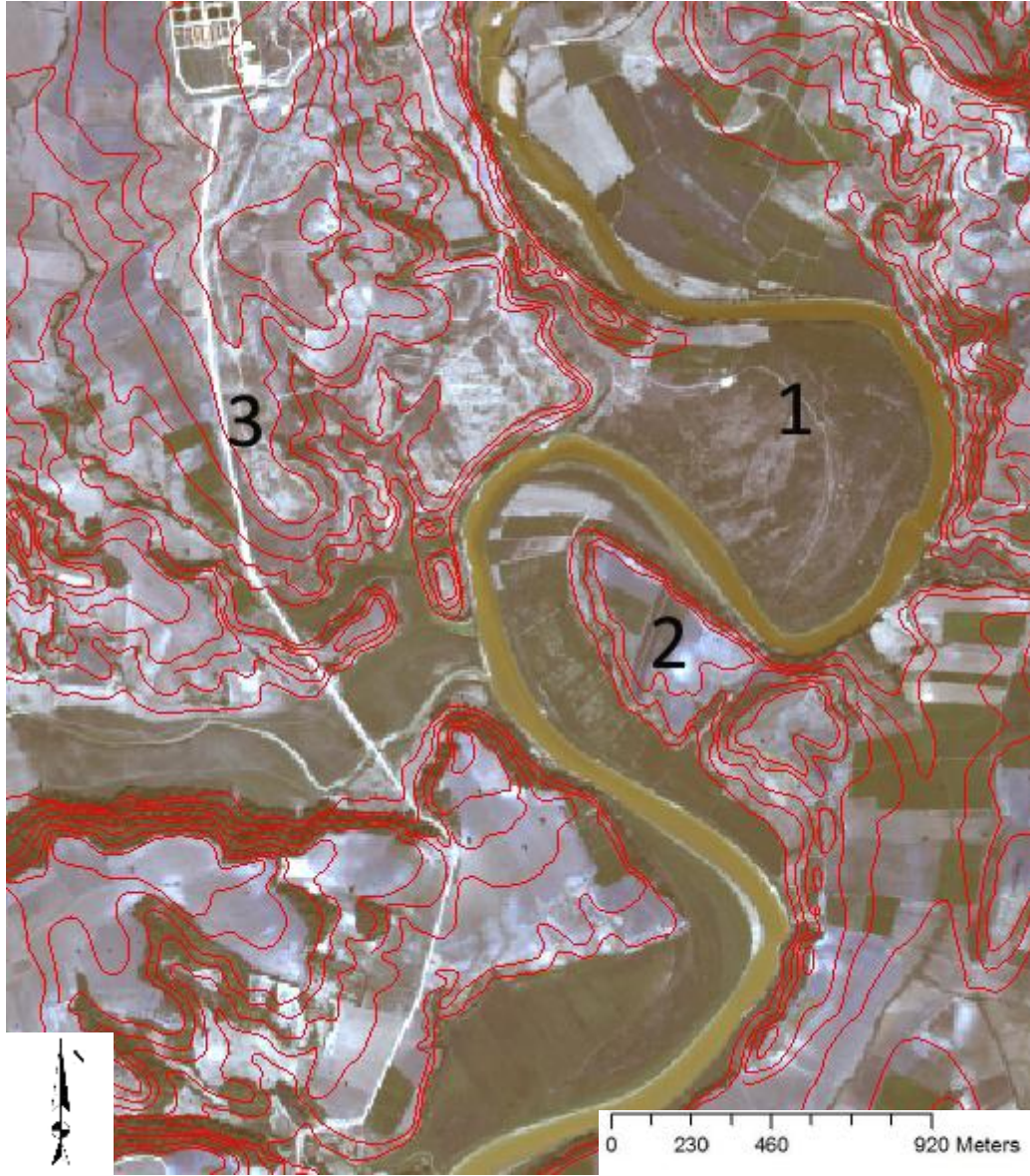


şekil 4.10. TIN Eğim modelinde eğimin sıfır derece görüldüğü bölgeler. (1 ile gösterilen bölge Seyhan nehrini çevreleyen taban arazileri, 2 ve 3 numara ile gösterilen bölgeler sırt arazileri)



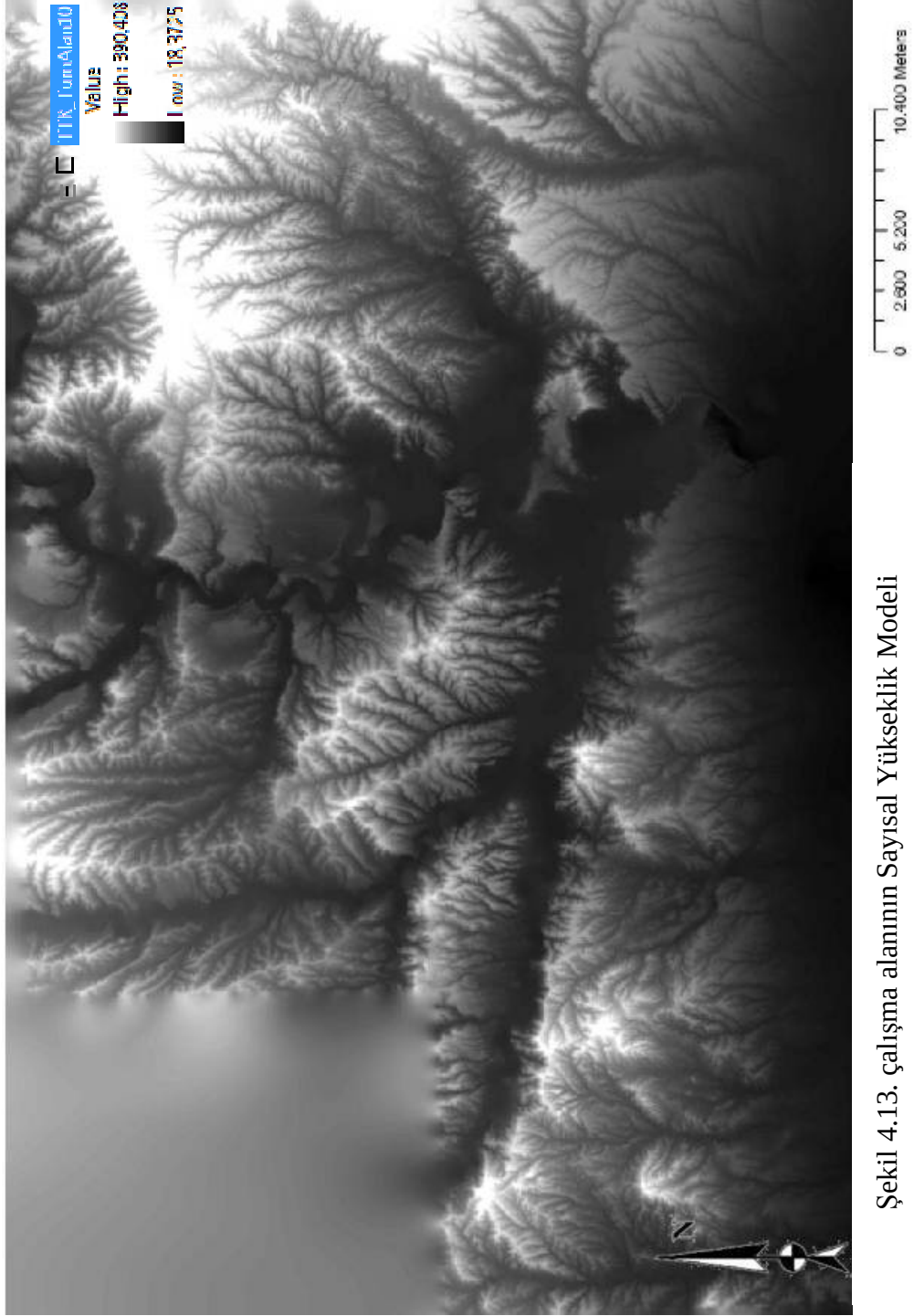
Şekil 4.11. TIN modelinde eğimin sıfır derece görüldüğü 1,2,3 nolu alanların görünümü.

Çalışmada oluşturulan TIN Eğim modeli uydu görüntüsü ile karşılaştırılmış (Şekil 4.12) ve eğimin hatalı olarak gösterildiği bölgelerin çalışmayı olumsuz etkileyeceğine kanaat getirilmiştir. . Bu nedenle çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli oluşturularak ızgara verilerden eğim haritası üretilmesine karar verilmiştir.



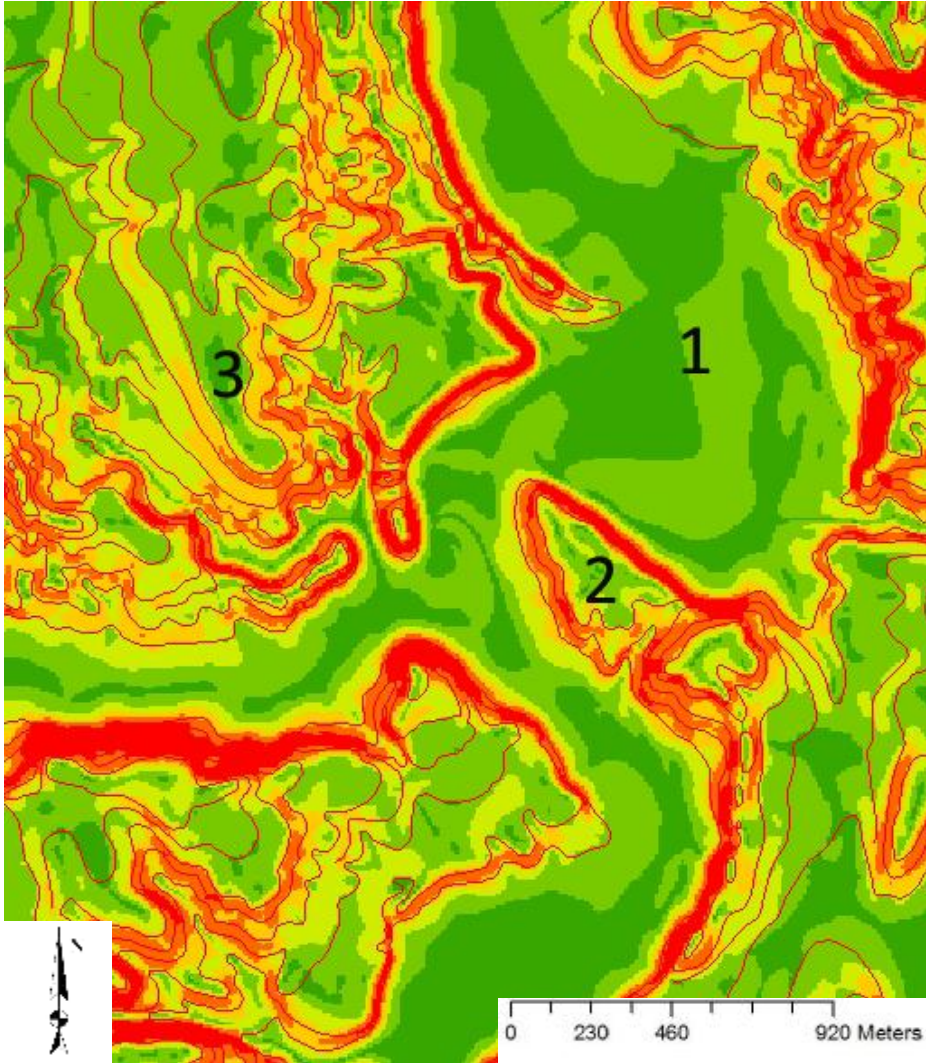
Şekil 4.12. TIN Eğim modelinde tespit edilen bölgelerin eşyüksekti eğrileri ile uydu görüntüsü.

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile eğim haritasının oluşturulması: TIN modelinde eğim modeline alternatif olarak denenen SYM modeli ile eğim haritası oluşturulması için öncelikle mevcut sayısal yükseklik paftalarından ArxGIS 3d Analyst kullanarak SYM oluşturulmuştur (şekil 4.13). ArcGIS yazılımı topoğrafik veriden SYM oluşturmak için Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted = IDW) kullanmaktadır (ESRI, 2009).

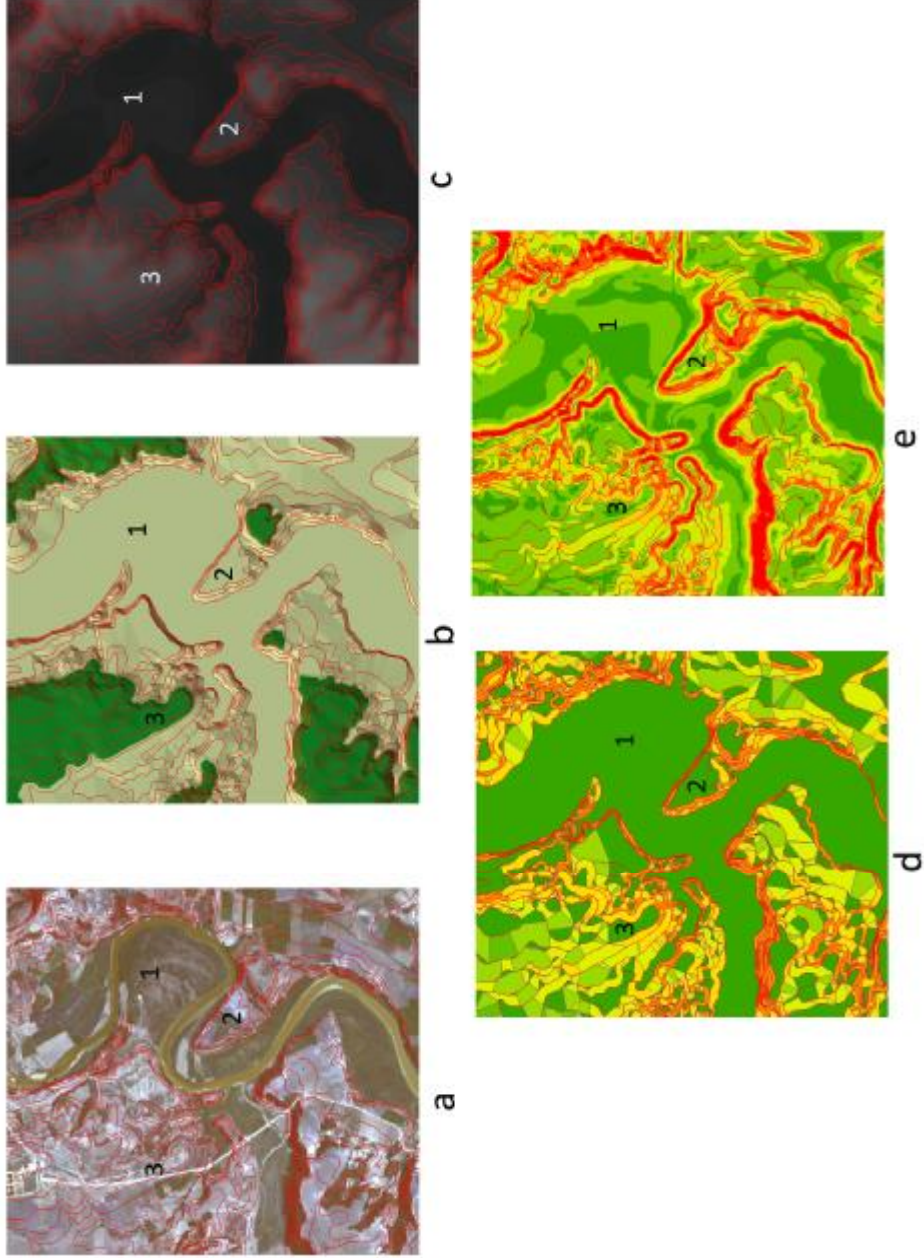


Şekil 4.13. çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli

SYM oluştururken kullanılan enterpolasyon tekniği ile eşyüksekti eğrilerinin geçmediği bölgelerdeki yükseklik değerleri tahmin edilerek tüm alan boyunca kesintisiz yükseklik verileri elde edilmiştir. SYM modeli ile elde edilen yükseklik bilgisinin tüm yüzeyde her noktaya karşılık gelecek şekilde üretilmesi, TIN eğim modelinde tespit edilen dezavantajı gidermek için kullanılmıştır. ArcGIS 3d Analyst eklentisi kullanılarak oluşturulan ızgara eğim haritasında şekil 4.10 da tespit edilen noktalar incelendiğinde taban ve sırt arazilerinde eğimin sıfır olduğu bölgelerin oluşmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.14). Uydu görüntüsü, TIN ve SYM verileri ile bu verilerden oluşturulan eğim haritaları Şekil 4.15 de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.14. Izgara eğim haritasında 1,2 ve 3 nolu bölgelerde oluşan eğim sınıfları



Şekil 4.15. Oluşturulan TIN ve SYM modelleri ile eğim haritalarının karşılaştırılması. Uydu görüntüsü (a), TIN modeli (b), SYM modeli (c), TIN eğim modeli (d), Izgara eğim modeli (e).

TIN eğim haritaları ile SYM verilerinden oluşturulan ızgara eğim haritalarının klasik yöntemler ile yapılan toprak haritası için arazide belirlenen eğim sınıflarına göre doğruluk oranlarını belirlemek amacı ile bir istatistik çalışması yapılmıştır. Çalışmada toprak haritası yapılmış 14 km² lik bir test alanı üzerinden rastgele 64 nokta belirlenmiş ve yerleşim alanları dışında kalan 51 noktanın eğim verileri karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Seçilen noktaların eğim değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, TIN eğim haritasının toprak haritasına göre B sınıfı eğimde %45, C sınıfı eğimde %23.8, D sınıfı eğimde %0 ve E sınıfı eğimde %33.33 doğruluk oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. SYM eğim haritasında ise doğruluk oranı B sınıfı eğim için %70, C sınıfı eğim için %57,14, D sınıfı eğim için %42,86 ve E sınıfı eğim için %0 dır. Toplam doğruluk oranları da TIN eğim haritası için %29.4, SYM eğim haritası için ise %56.8 hesaplanmıştır.

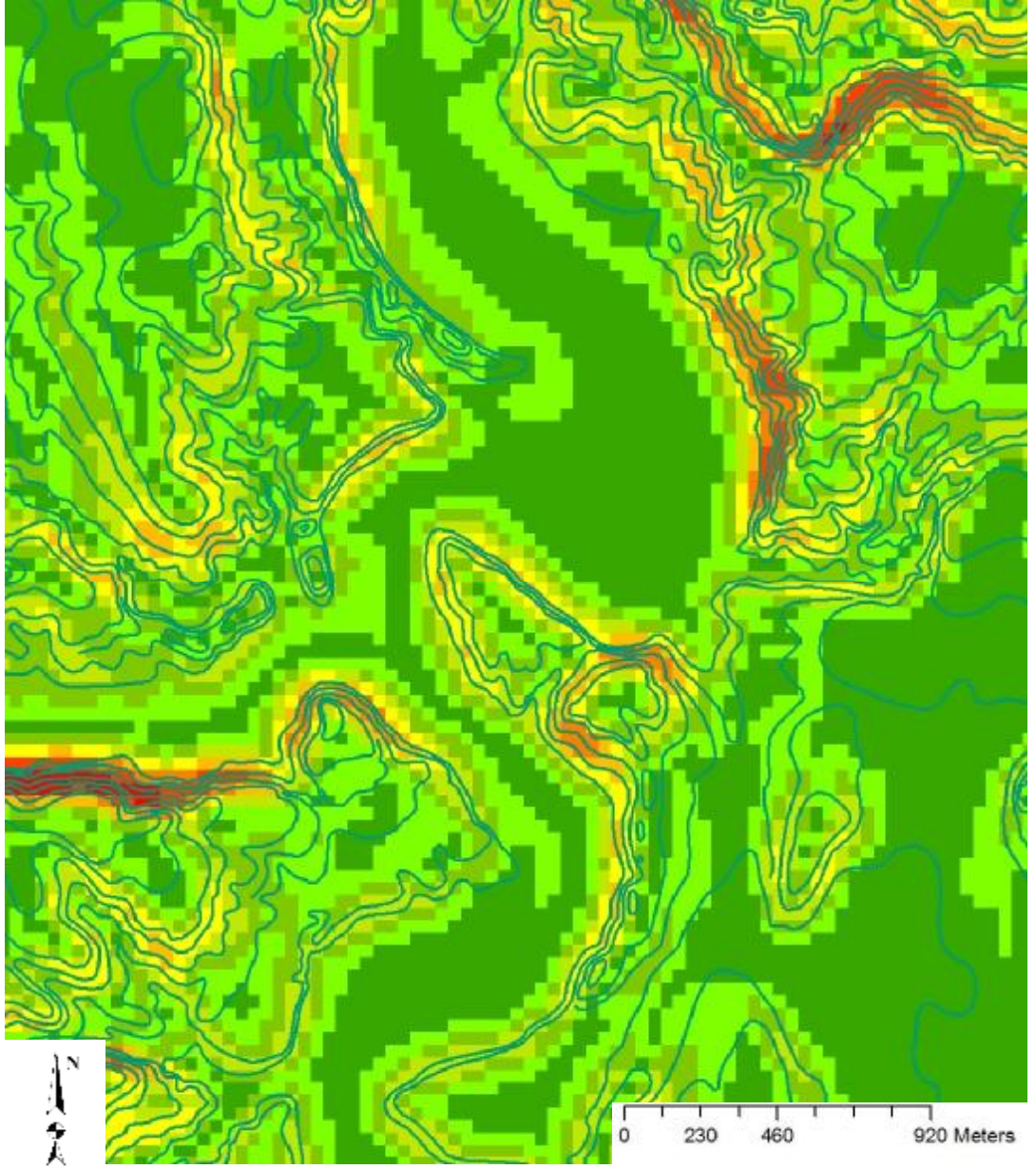
Çizelge 4.1. Test alanından rastgele seçilen 51 nokta için TIN eğim haritası ile toprak haritası eğim bilgilerinin karşılaştırılması

TIN Eğim	Toprak Haritası Eğim						
	Eğim Sınıfı %	A	B	C	D	E	F
	A (0-2)		9	9			
	B (2-6)		9	2			
	C (6-12)		2	5	4		
	D (12-20)			3		2	
	E (20-35)			1	3	1	
	F (35+)			1			
	% Doğruluk		45,00	23,81	0,00	33,33	

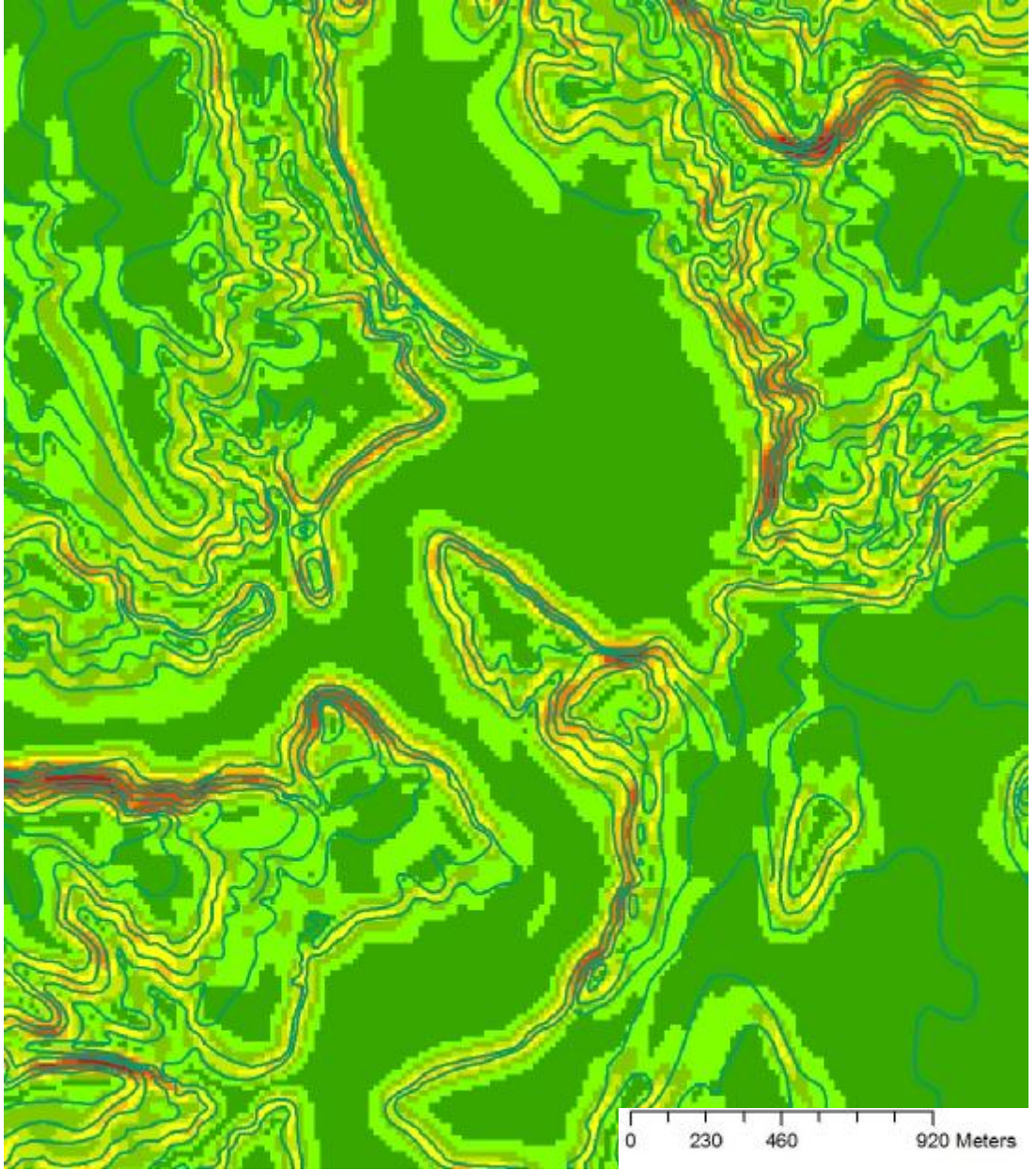
Çizelge 4.2. Test alanından rastgele seçilen 51 nokta için SYM eğim haritası ile toprak haritası eğim bilgilerinin karşılaştırılması

SYM Eğim	Toprak Haritası Eğim						
	Eğim Sınıfı %	A	B	C	D	E	F
	A (0-2)		5	2			
	B (2-6)		14	5	3		
	C (6-12)		1	12	1	2	
	D (12-20)			1	3	1	
	E (20-35)			1			
	F (35+)						
	% Doğruluk		70,00	57,14	42,86	0,00	

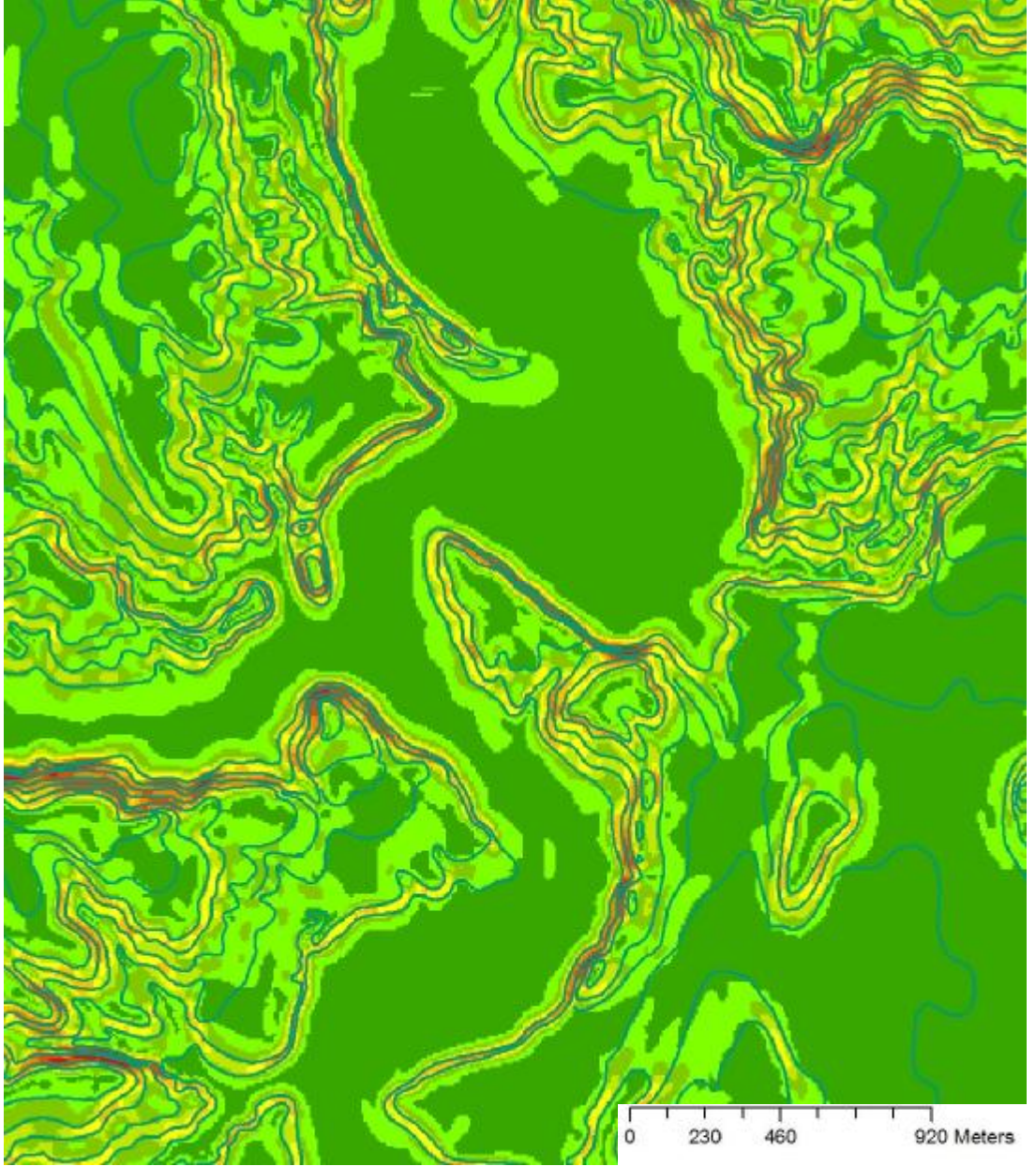
Çalışmada ayrıca eğim haritalarının başarımını arttırmak amacı ile SYM modelleri oluşturulurken farklı piksel boyutları denenmiş ve her model için üretilen eğim haritaları karşılaştırılmıştır. Denemeler için piksel boyutu 45, 20, 10 ve 5 olan SYM modelleri oluşturulup her modelinden eğim haritası çıkarılmıştır (şekil 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19).



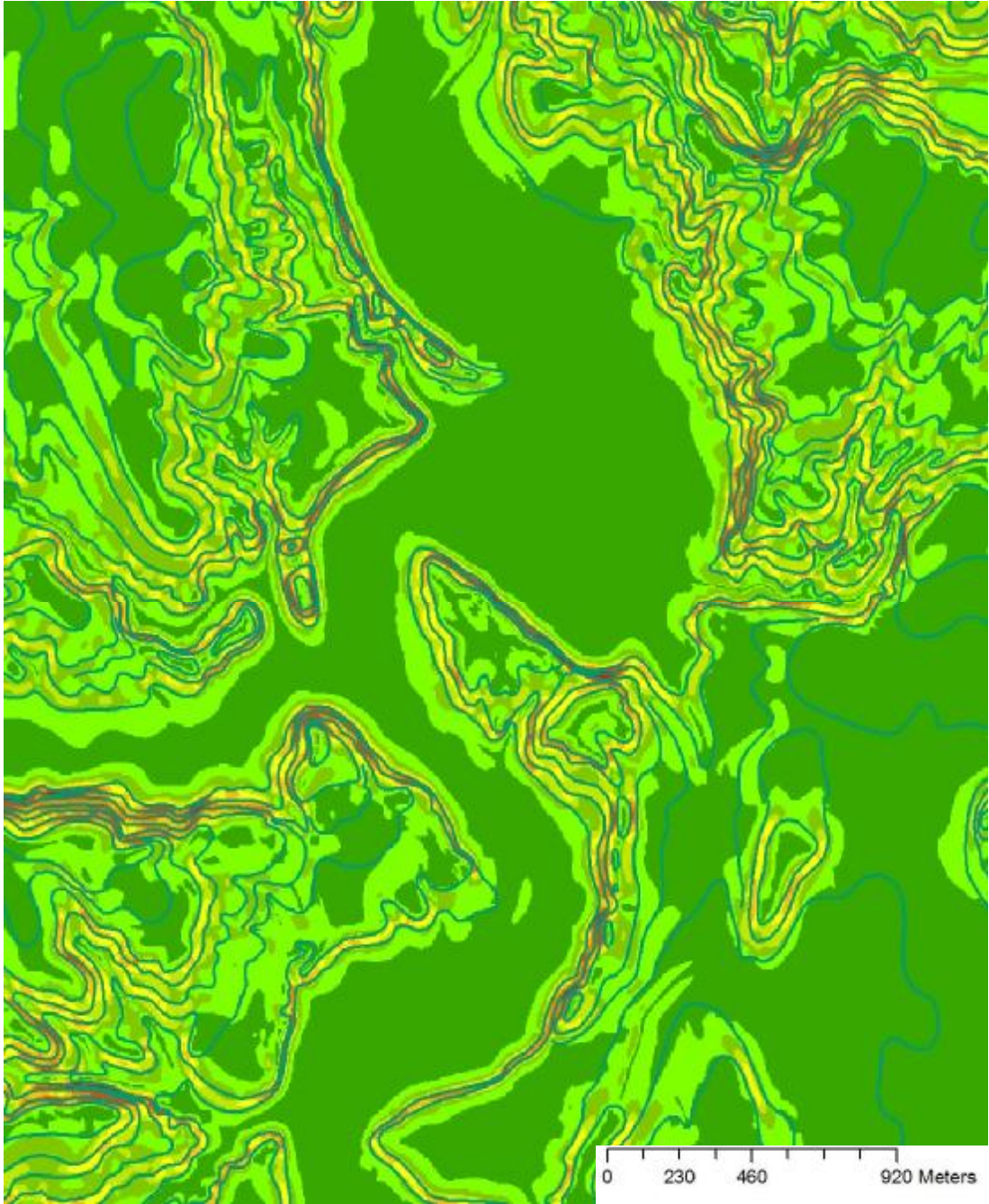
şekil 4.16. Piksel boyutu 45 olan SYM den üretilen eğim haritası



şekil 4.17. Piksel boyutu 20 olan SYM den üretilen eğim haritası



Şekil 4.18. Piksel boyutu 10 olan SYM den üretilen eğim haritası



şekil 4.19. Piksel boyutu 5 olan SYM den üretilen eğim haritası

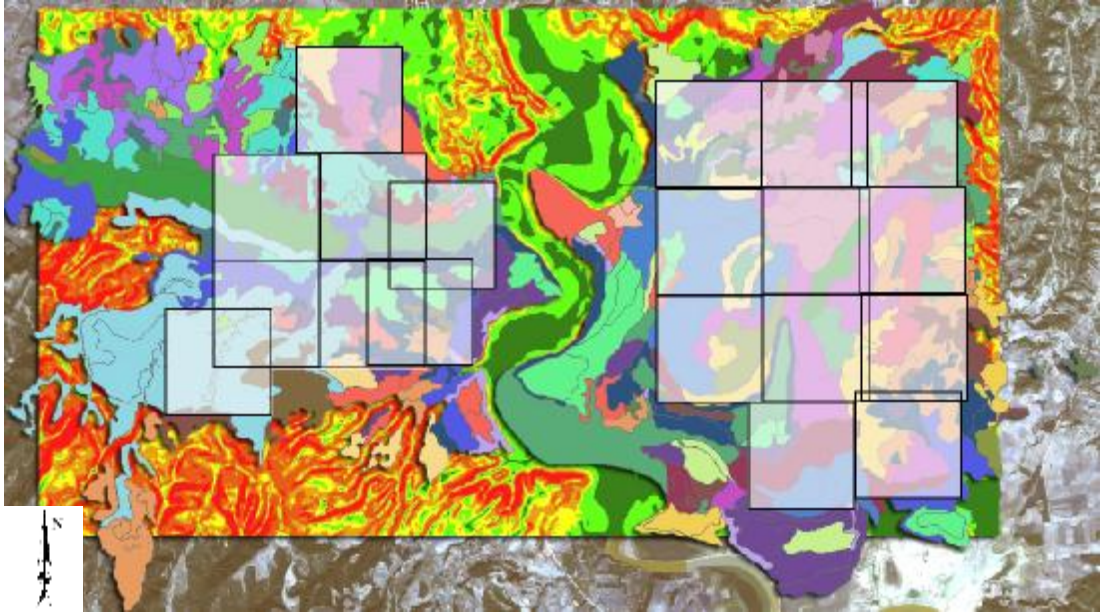
Elde edilen eğim haritalarının dosya büyüklükleri oluşturuldukları SYM modellerinin piksel boyutları düştükçe artmaktadır. Bu çalışmada elde edilen piksel boyutu 45 olan eğim haritasının dosya boyutu yaklaşık 300 kb iken piksel boyutu 5 olan eğim haritasının dosya boyutu yaklaşık 35 Mb olmuştur. Aynı şekilde dosyaların oluşturulma süreleri de piksel boyutu küçüldükçe artmaktadır. Piksel

boyutu 10 olan Sayısal Yükseklik Modelli; dosya boyutu, üretim süresi ve oluşturulan eğim sınıflarının doğruluğu açısından en uygun olarak kabul edilmiş ve çalışmada kullanılmıştır.

4.3. Yapay Sinir Ağı Uygulamaları

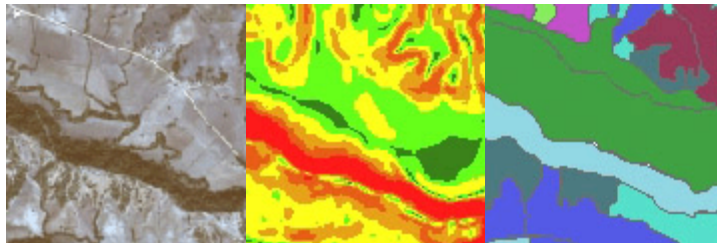
Deneyimli toprak etütçüleri yaptıkları çalışmalarda toprak sınırlarının belirlenmesinde hava fotoğrafları ve uydu verilerinden görsel olarak yararlanabilmektedirler. Detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarında faz olarak haritalanan eğim sınıfları toprak sınırlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Etüd yapan uzmanların söz konusu uydu görüntüleri ve eğim sınıfları haritalarını görsel olarak yorumlayarak toprak sınırlarını tahmin etmesi, sahip oldukları deneyimler ile mümkün olmaktadır. Yapay Sinir Ağlarının örnek veri setleri ile eğitilerek benzer durumlarda deneyimlerine dayalı karar verebilme yeteneğinden yola çıkarak çalışmada mevcut uydu verileri ve üretilen eğim haritaları ile toprak haritası arasındaki görsel ilişkinin bir YSA uygulamasına öğretilmesi denenmiştir. Bu amaçla aynı bölgeye ait uydu görüntüleri, eğim haritaları ve toprak haritaları eğitim verisi olarak kullanılmıştır.

Uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritaları yapay sinir ağları ile işlenmek amacı ile 120x120 piksellik kareler halinde parçalara ayrıldıktan sonra örnek veriler hazırlanmış, farklı katmanlar üzerinde çeşitli yöntemler denenerek sonuçlar klasik yöntemle bulunmuş toprak sınırlarıyla karşılaştırılmıştır. Her alanda uydu görüntüsü ve eğim haritasına karşılık gelecek toprak haritası verisinin olmaması nedeni ile örnek verilerin sayısını çoğaltmak ve her kesite 3 katman verinin kesintisiz olarak denk gelmesi için bazı bölgeler birbirini örtecek şekilde seçilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Üst üste çakıştırılmış uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritası (beyaz kareler ile işaretli olan yerler kesit alınan yerleri ve örtmeleri göstermektedir)

Uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritası katmanlarının üst üste çakıştırılarak kesilmesi için Adobe PhotoShop yazılımı kullanılmıştır. Kesim işleminden sonra her biri 120x120 pikselden oluşan ve yaklaşık 1 Km² yi büyüklüğünde aynı bölgeye denk gelen 3 adet görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.21). Hazırlanan kesitler Matlab programı kullanılarak oluşturulan YSA modelinde işlenmek amacı ile 8 bitlik gif dosyaları olarak saklanmış ve her dosya Excel formatına çevrilerek veri setleri oluşturulmuştur (Şekil 4.22)

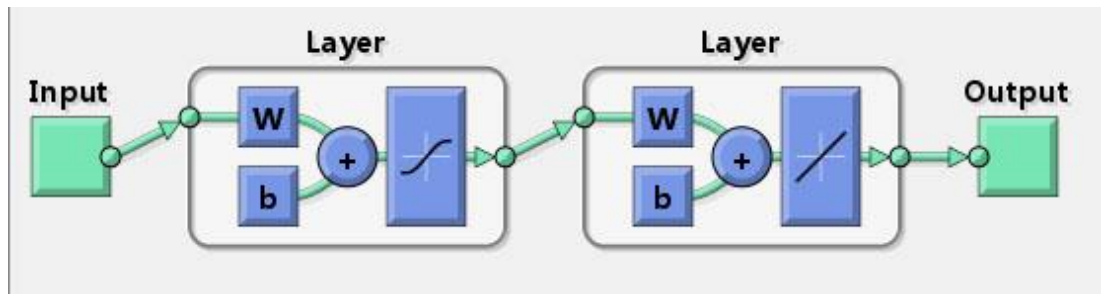


Şekil 4.21. Aynı alana ait uydu görüntüsü, eğim haritası ve toprak haritası kesitleri

	C	D	E	F	G	H	I
1	38	78	98	126	110	102	94
2	84	99	115	134	132	149	117
3	89	105	125	113	116	138	148
4	115	132	130	130	130	144	123
5	158	138	116	138	140	121	136
6	176	158	160	160	161	148	132
7	172	161	163	168	161	132	134
8	169	155	160	185	172	117	116
9	162	154	161	172	172	154	127
10	147	130	151	168	164	160	136
11	136	116	140	161	166	158	128
12	130	120	121	149	145	134	134
13	151	136	133	140	134	120	117

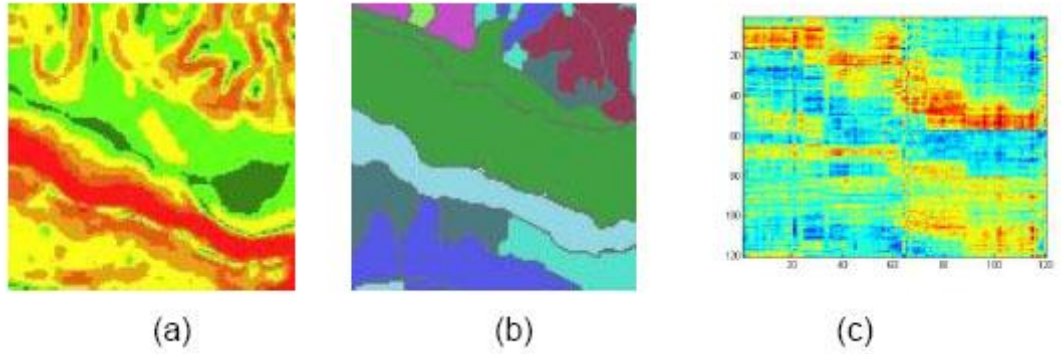
Şekil 4.22. Excel dosyası olarak saklanmış görüntü verisi. (120 x 120 piksellik 8 bitlik görüntü için her pikselin sayısal değeri 120x120 hücreden oluşan Excel tablosunun 1 hücresine karşılık gelmektedir.)

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan çalışmalarda giriş verileri olarak eğim haritasından elde edilen kesitler hedef veri olarak da toprak haritası kesitleri kullanılmıştır. Uygulama için Matlab R2008a yazılımı kullanılarak Feed-Forward YSA ile Resilient Backpropagation öğrenme algoritmasına dayalı iki katmanlı bir ağ oluşturulmuş (Şekil 4.23) ve hazırlanan veri setleri ile ağ eğitilmeye çalışılmıştır. Uygulama ile YSA eğitilerek eğim haritası ve uydu görüntüsü ile toprak haritası arasındaki görsel ilişkiye dayalı tahmin yürütülmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.23. Uygulamada kullanılan YSA ağının yapısı

Eğim haritasından oluşan veri setlerine karşılık gelen muhtemel toprak sınırları elde etmek için yapılan denemelerde eğim sınırları bir çok kesitte görsel olarak toprak sınırlarına benzememesinden dolayı ağ başarılı bir şekilde eğitilememiş ve simülasyon sonucunda elde edilen çıktılarda anlamlı sonuçlar elde edilememiştir (Şekil 4.24). Ayrıca eğitim için kullanılan veriler toprak sınırlarının belirlenmesi için küçük alanları temsil etmesine rağmen YSA uygulaması için büyük veri kümeleri olması nedeni ile uygulama çalıştırılırken mevcut donanım ve yazılımlar bazı yöntemlerin denenmesinde yeterli olmamıştır.

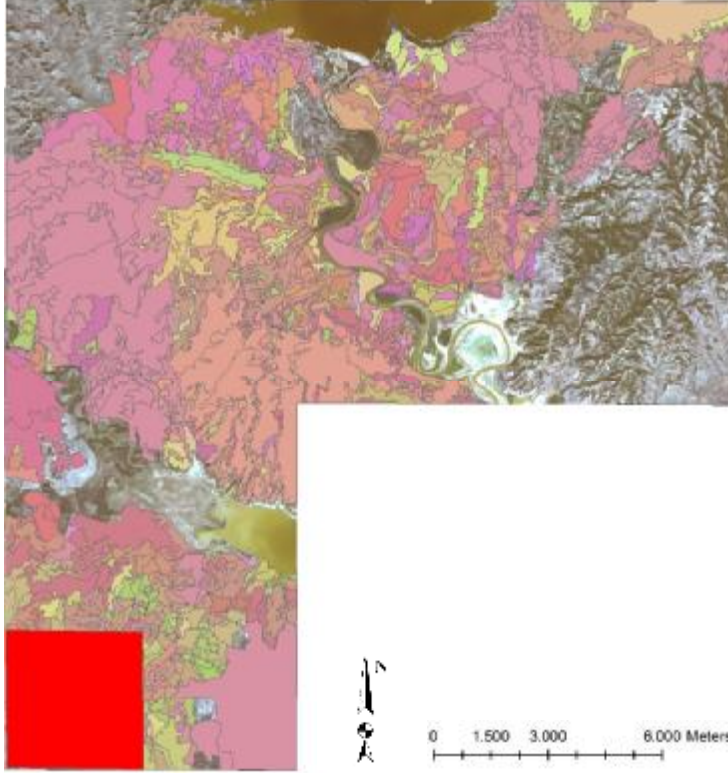


Şekil 4.24. Eğim sınıfları (a), toprak haritası (b) ve simülasyon sonucunda oluşturulan toprak haritası (c)

4.4. Toprak –Fizyografya Etkileşim Modeli (SoLIM) Uygulaması

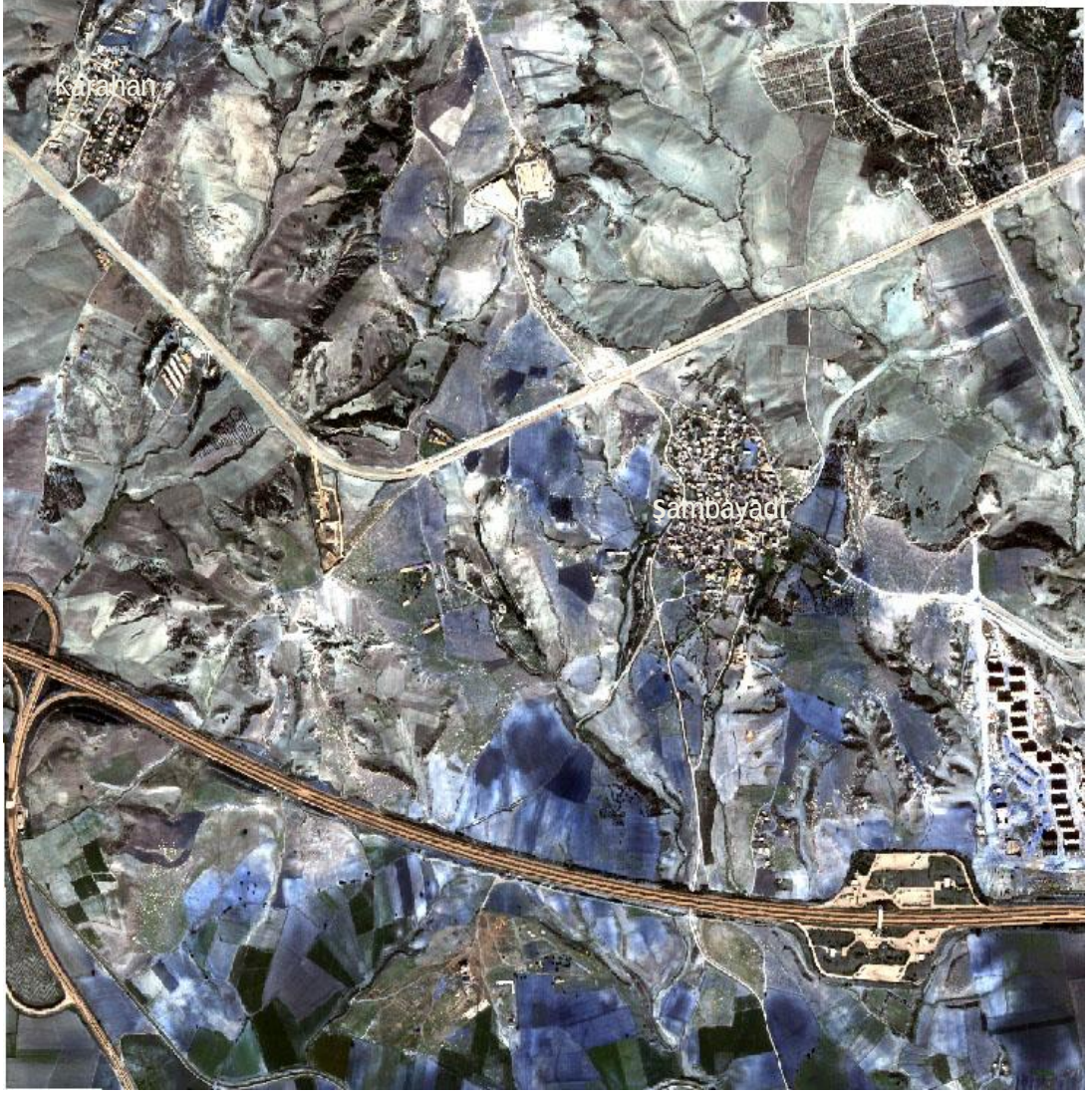
Bu metodolojinin temeli toprak ve fizyografya bilgilerinin analiz edilerek ilişkilerin belirlendiği bir bilgi tabanının oluşturulması ve bulanık mantık algoritmaları kullanılarak bu bilgi tabanına dayalı karar verilmesidir. Yöntemin uygulamasında öncelikle mevcut bir toprak haritası ve o bölgeye ait eğim, baki, jeoloji, yükseklik ve yüzey şekleri kullanılarak toprak – fizyografya ilişkileri belirlenmektedir. Daha sonra belirlenen bu ilişkilerin tanımlandığı bir bilgi tabanı kullanılarak farklı bölgelerdeki topografik veriler işlenilerek tanımlı toprak sınıflarının dağılımı tahmin edilmektedir. Bu model gerek toprak etüdlerinde gerekse revize çalışmalarında zamansal ve ekonomik faydalar sağlamaktadır. Ancak elde edilecek sonuçların doğruluğu ve kalitesi tamamen çevresel ve toprak-peyzaj verilerinin doğruluğuna ve kalitesine bağlıdır.

SoLIM uygulaması için çalışma alanının güneybatısında yer alan toprak serisi çeşitliliği açısından zengin yaklaşık 14 Km² lik bir test alanı kullanılmıştır (Şekil 4.25).

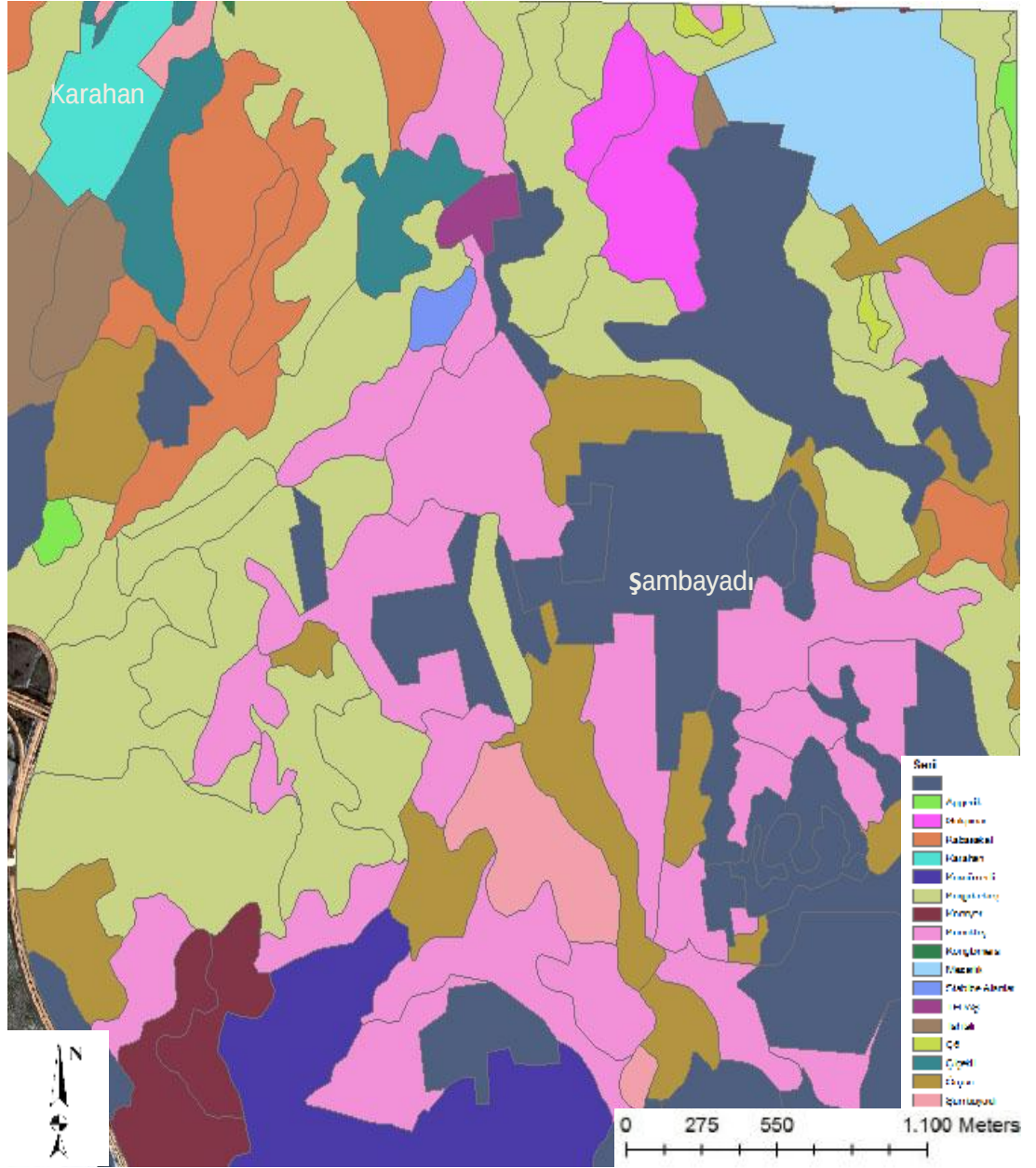


Şekil 4.25. SoLIM uygulaması için seçilmiş test alanı (kırmızı ile gösterilmiş)

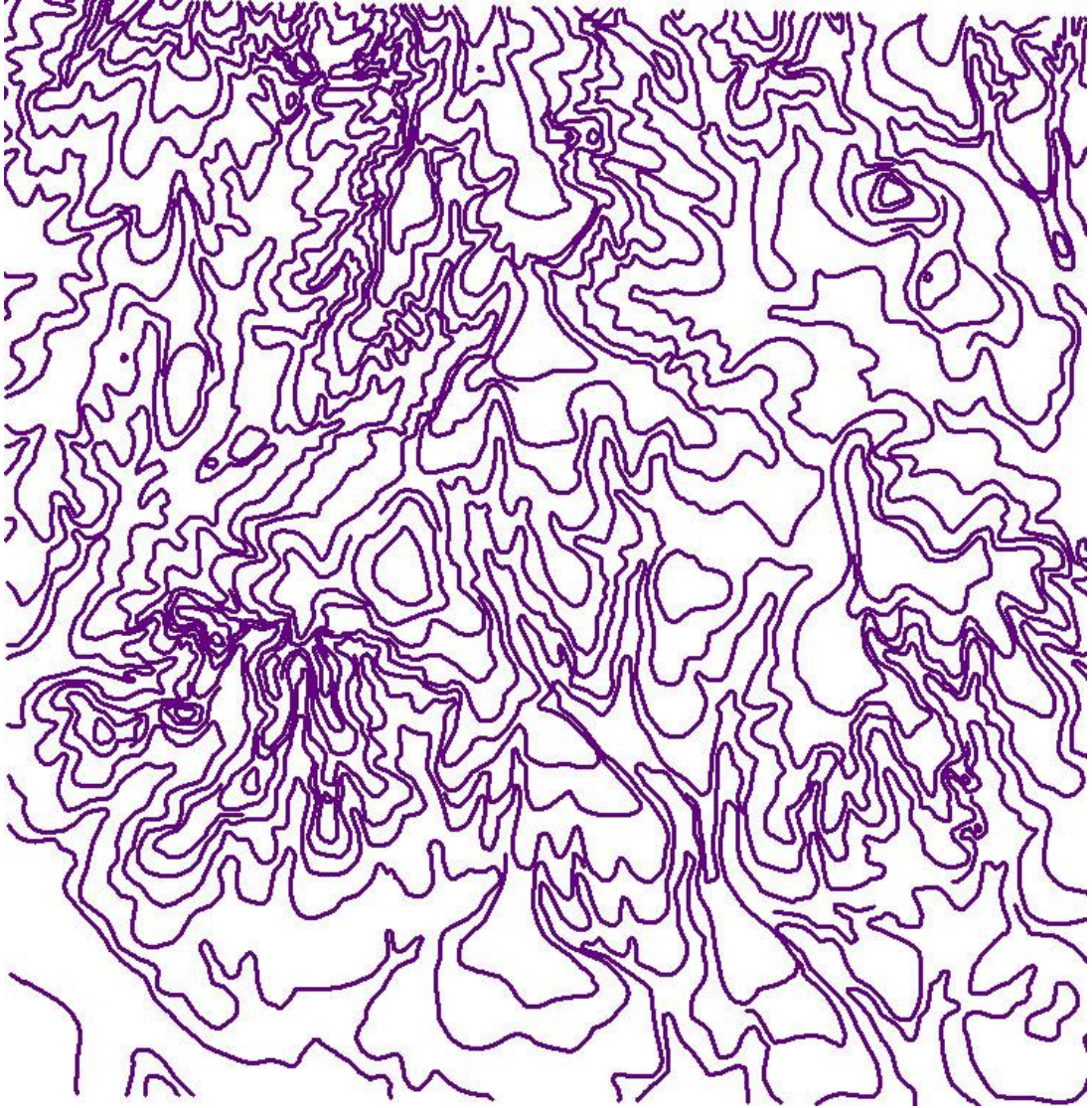
Test alanını belirlemek gösteren vektör katman kullanılarak uydu görüntüsü, toprak haritası ve o bölgeye ait eşyüksekti verilerini içeren sayısal yükseklik paftası ArcGIS yazılımı kullanılarak kesilmiştir (Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28).



şekil 4.26. Test alanı için seçilen bölgenin uydu görüntüsü



Şekil 4.27. Test alanı için seçilen bölgenin toprak haritası (Şenol ve ark., 2009)



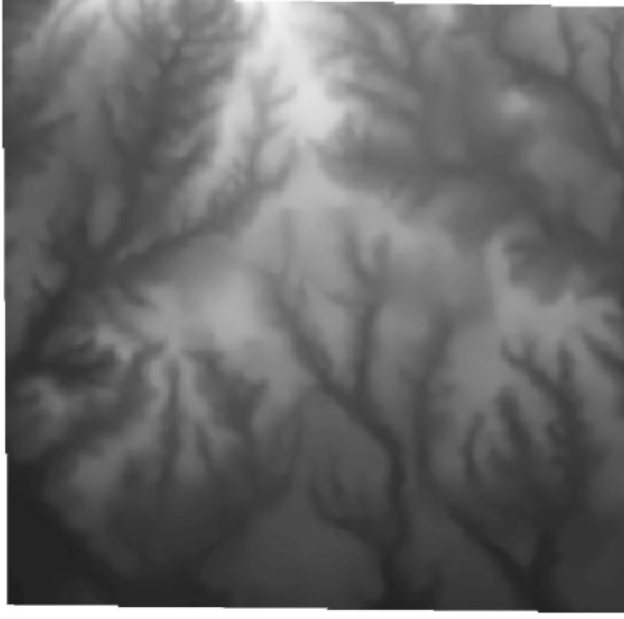
Şekil 4.28. Test alanı için seçilen bölgeye ait eşyüksekti eğrileri

Test alanı içerisinde 12 farklı toprak serisi dışında yerleşim yerleri, mezarlık, stabilize alanlar ve TEDAŞ a ait tesis bulunmaktadır. Test alanına ait toprak haritasında belirtilen toprak sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki gösterimi Şekil 4.29 da verilmiştir.

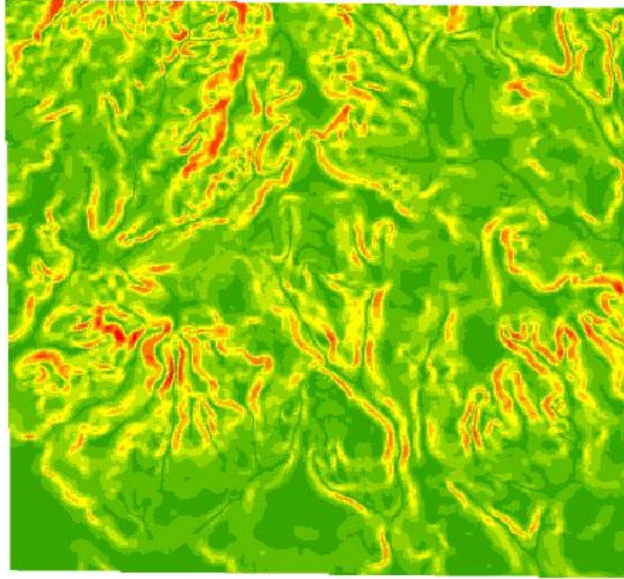


Şekil 4.29. Test alanına ait toprak sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki dağılımı

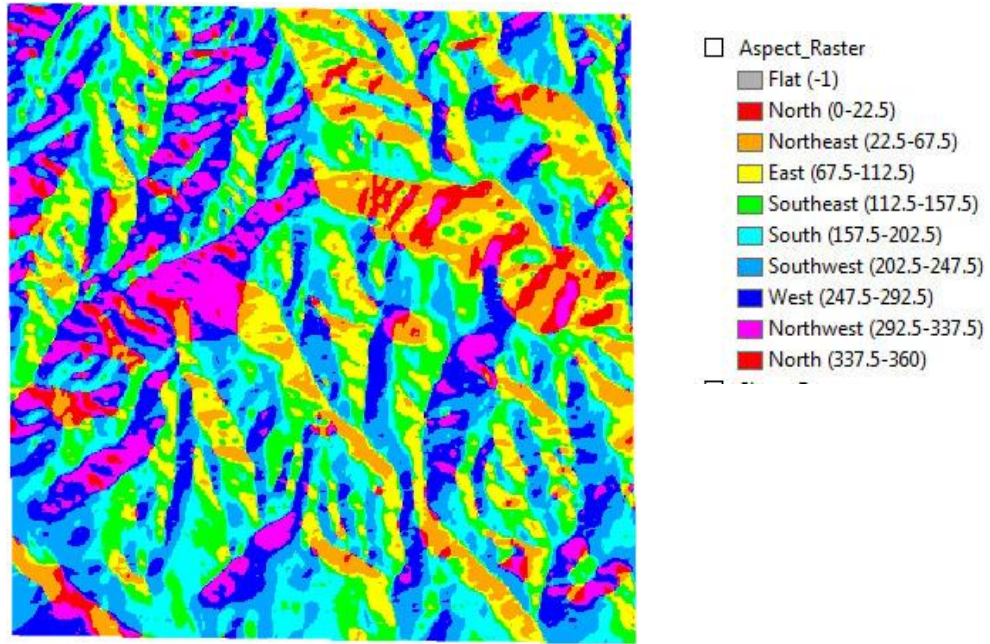
Toprak serilerinin muhtemel dağılımını tespit edebilmek amacıyla gerekli toprak- peyzaj ilişkilerinin belirlenmesi için altlık veri olarak mevcut sayısal yükseklik verilerinden yararlanılarak sayısal yükseklik, eğim ve bakı modelleri oluşturulmuştur (Şekil 4.30, 4.31 ve 4.32).



şekil 4.30. Test alanının Sayısal Yükseklik Modeli



şekil 4.31. Test alanının eğim haritası



Şekil 4.32. Test alanının bakı haritası

ArcGIS yazılımı kullanılarak oluşturulan altlık bilgileri yine aynı yazılımla KnowledgeMiner1.0 yazılımı ile analiz edilmek amacı ile grid ASCII formatına çevrilmiştir. Daha sonra bu formattaki dosyalar SoLIM Suite yazılımı kullanılarak *.3dr formatına dönüştürülmüştür. Bölgeye ait detaylı jeolojik haritaların bulunmaması nedeni ile jeolojik bilgiler altlık olarak hazırlanamamıştır.

KnowledgeMiner1.0 yazılımını kullanabilmek için test alanına ait mevcut toprak haritasının saklandığı ArcGIS Shape dosyasının veri tabanına “MU_KEY” ve “Polly_ID” isimli iki ayrı saha eklenmiş ve bu sahalardan “MU-KEY” sahasına yine KnowledgeMiner1.0 yazılımı kullanımı için hazırlanması zorunlu olan “MapUnitList” dosyasında belirlenen haritalama birimleri ve kısaltma isimleri kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). “Polly_ID” sahası ise her haritalama birimi için tekil bir sıra numarası ile oluşturulmuştur.

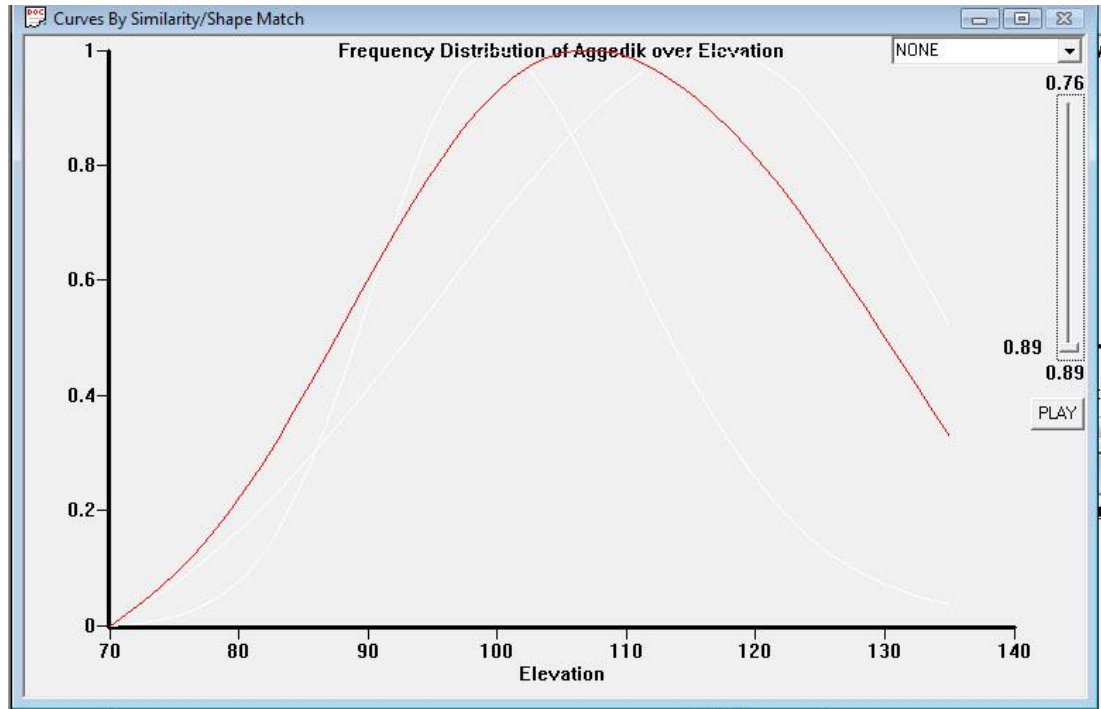
Çizelge 4.3. KnowledgeMiner Programı İçin Oluşturulan Haritalama Birimleri Listesi (MapUnitList dosyası)

MU_KEY	Seri İsmi
Ci	Cicekli
Gp	Gokpinar
Kc	Kocayer
Kg	Kargakekec
Ko	Karaomerli
Ks	Kabasakal
Kt	Konaktas
Or	Orcun
Sb	Sambayadi
Th	Tahtali
Ye	Yerlesim
Ag	Aggedik
C5	Stablize Alanlar
C6	Ç6
Fa	Fabrika

Uygulamada öncelikle toprak serilerinin her bir peyzaj özelliği üzerindeki dağılımlarına ait bilgi tabanını elde etmek için KnowledgeMiner yazılımında analizler yapılmış ele edilen bilgiler SoLIM uygulamasında kullanılmak üzere kaydedilmiştir.

Akgedik Serisi

Akgedik serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı için yapılan analizde test alanı içerisinde 2 bölge ile temsil edildiği ve serinin 70 ile 135 m yükseklikler arasında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.33 ve 4.34). 10 ve 59 nolu poligonlar ile temsil edilen serinin ortalama yüksekliği program tarafından 108.82 m olarak hesaplanmıştır. Test alanının yükseklik değerleri ise 50 ile 184 m arasında değişmekte olup ortalama yükseklik 102.84 m olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.34).



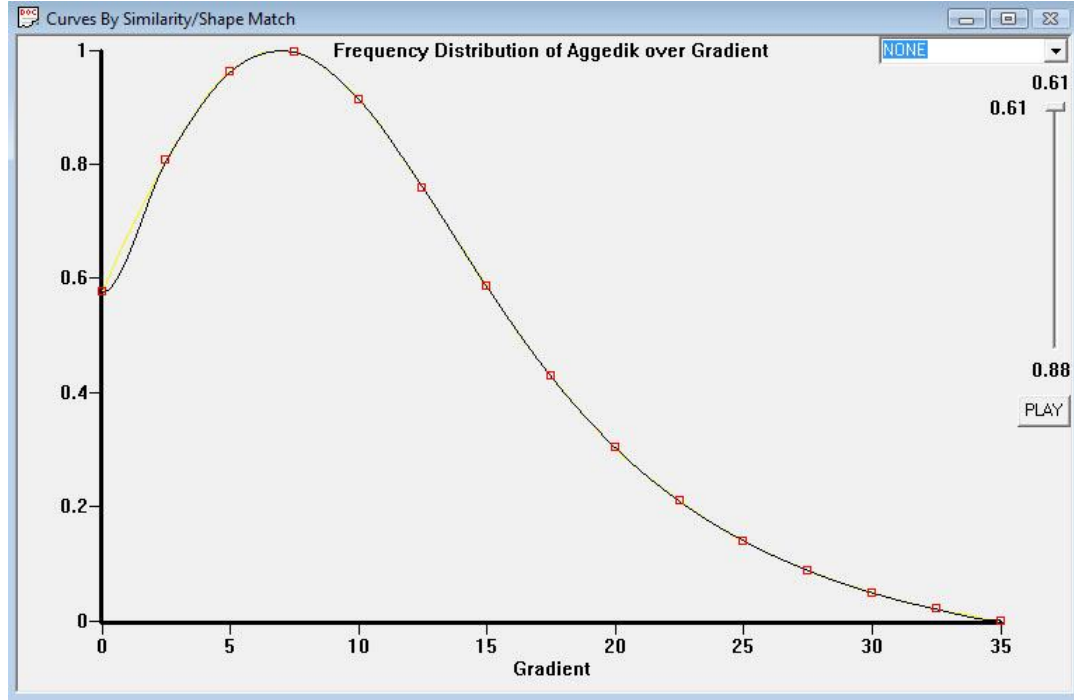
Şekil 4.33. Test alanı içerisindeki Akgedik serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı

Summary Statistics					
	Area(Ac...	Min	Max	Mean	StdDev
All Soils	3530.3...	50.000...	184.00...	102.84...	25.571...
Current Soil	75.142...	70.000...	135.00...	108.82...	13.246...
Polygon 10	28.613...	90.000...	134.00...	102.77...	8.448345
Polygon 59	46.528...	70.000...	135.00...	112.54...	14.252...

Şekil 4.34. Akgedik serisinin yükseklik verisi için dağılım istatistiği

Akgedik serisinin eğim verileri üzerindeki dağılımı şekil 4.35 de gösterilmiştir. Seri 0 ile 35 derece eğimli arazilerde yer alırken bölgenin minimum ve maksimum eğimi de 0 ve 35 derece olarak hesaplanmıştır. Akgedik serisinin

ortalama eğimi 9.2 olarak hesaplanmış, tüm bölgenin ise ortalama eğimi 6.4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.36).

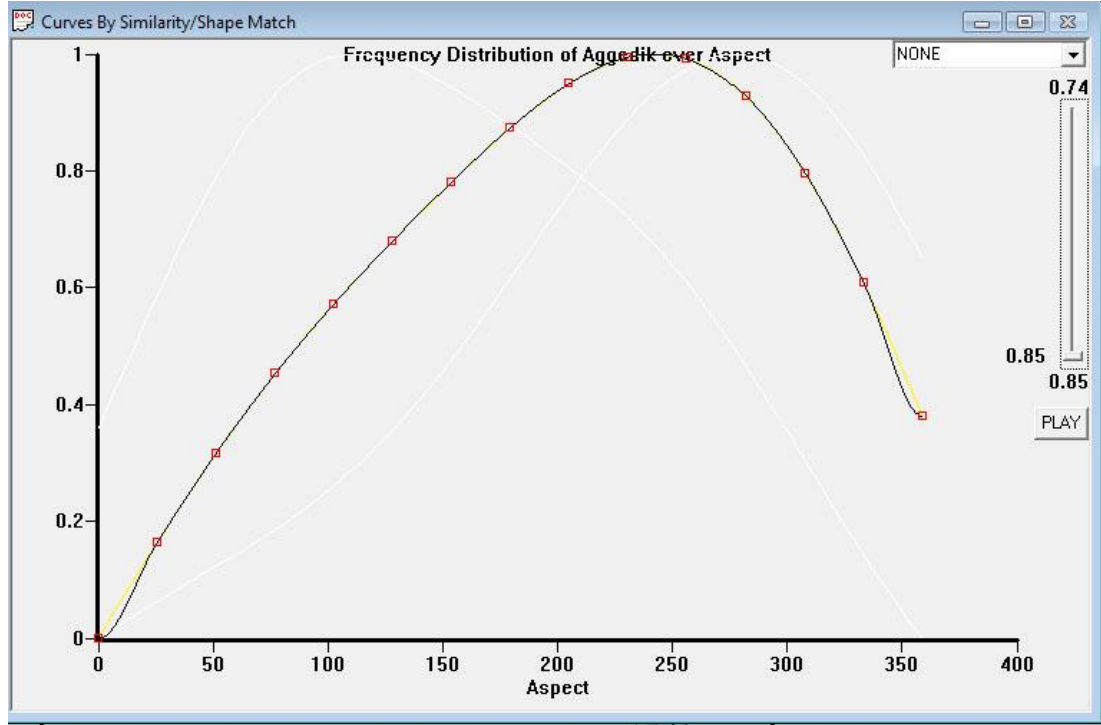


Şekil 4.35. Test alanı içerisindeki Akgedik serisinin eğim verisi üzerindeki dağılımı

Summary Statistics					
	Area(Ac...	Min	Max	Mean	StdDev
All Soils	3530.3...	0.000000	35.000...	6.439746	5.194970
Current Soil	75.142...	0.000000	35.000...	9.209142	6.453715
Polygon 10	28.613...	0.000000	21.000...	4.998273	3.361367
Polygon 59	46.528...	0.000000	35.000...	11.798...	6.534956

Şekil 4.36. Akgedik serisinin eğim verisi için dağılım istatistiği

Serinin bakı üzerindeki dağılımı 0-360 derece arasında değişmekte bakı açısından olup test alanının geneli ile ayırıcı bir bilgi içermemektedir (Şekil 4.37, 4.38).

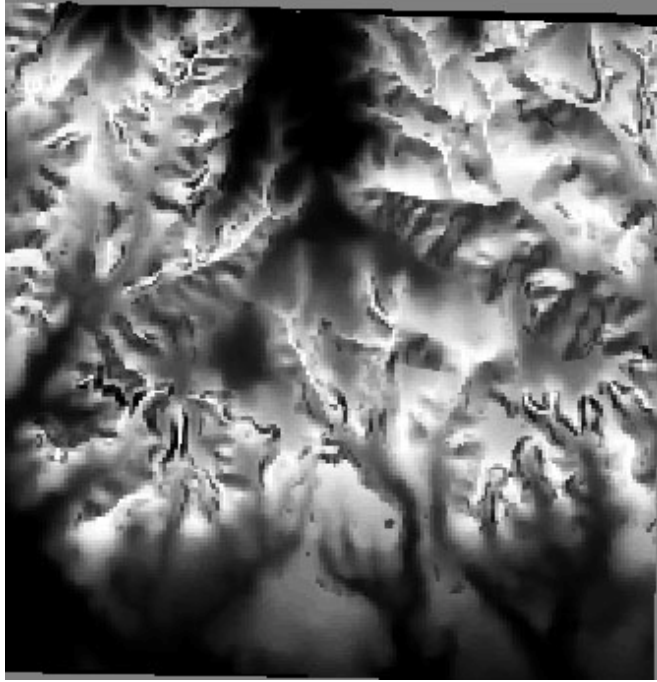


Şekil 4.37. Test alanı içerisindeki Akgedik serisinin bakı verisi üzerindeki dağılımı

Summary Statistics					
	Area(Ac...	Min	Max	Mean	StdDev
All Soils	3530.3...	0.000000	359.00...	180.14...	85.300...
Current Soil	75.142...	0.000000	359.00...	199.67...	105.17...
Polygon 10	28.613...	0.000000	359.00...	151.09...	83.111...
Polygon 59	46.528...	0.000000	359.00...	229.55...	106.16...

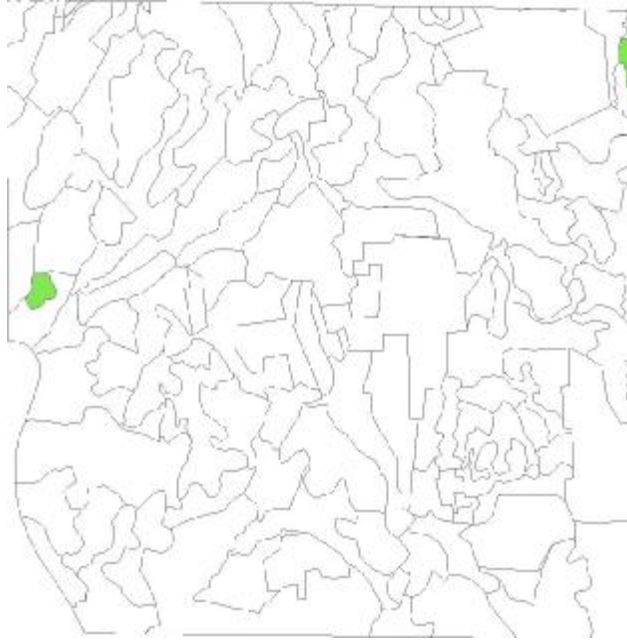
Şekil 4.38. Akgedik serisinin bakı verisi için dağılım istatistiği

KnowledgeMiner yazılımı ile yapılan analizler sonucu elde edilen bilgi tabanları SoLIM Suite 1.5 yazılı ile işlenerek Akgedik serisinin test alanı üzerindeki muhtemel dağılımını içeren .3dr uzantılı bir raster dosya oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dosya bölgenin uydu görüntüsü ve SYM nin birleşiminden oluşan bir altlık dosya üzerinde 3dmapper programı içerisinde incelenmiştir (Şekil 4.39).

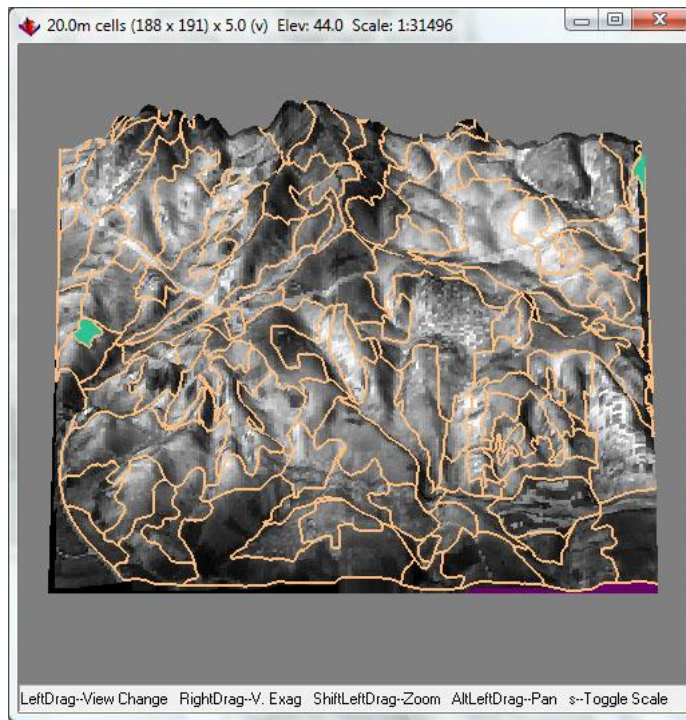


Şekil 4.39. SoLIM uygulaması tarafından Akgedik serisinin test alanı üzerindeki hesaplanan muhtemel dağılımı (Beyaz alanlar serinin bulunabileceği alanları göstermektedir)

ArcGIS yazılım üzerinden test alanına ait toprak haritası içinde Akgedik serisine ait bölümler işaretlenerek dağılımı gösteren benzetim sonucu ile karşılaştırılmış ve 3dmapper yazılımı kullanılarak 3 boyutlu olarak incelenmiştir (Şekil 4.40 ve 4.41). İnceleme sonucu Akgedik serisinin SoLIM modeli ile elde edilen muhtemel dağılımı gösteren benzetim üzerinde doğru alanlara denk geldiği fakat muhtemel dağılım içerisinde çok küçük bir alanı kapladığı tespit edilmiştir.



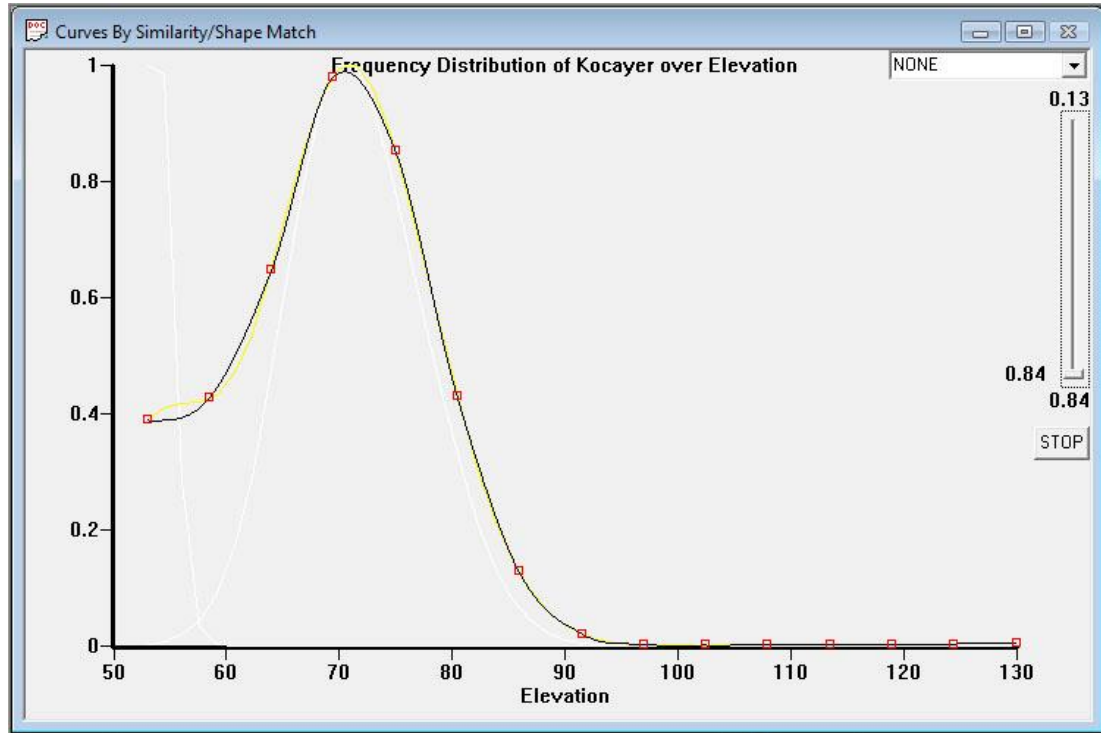
Şekil 4.40. Akgedik serisinin test alanı üzerindeki dağılımı (Yeşil ile gösterilen yerler seriye ait toprakların bulunduğu alanlardır)



Şekil 4.41. Akgedik serisinin test alanı üzerindeki dağılımının serinin hesaplanan dağılımı ile çalıştırılmış görüntüsü (Yeşil ile gösterilen yerler seriye ait toprakların bulunduğu alanlardır)

Kocayer Serisi

Kocayer serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı için yapılan analizde test alanı içerisinde 2 bölge ile temsil edildiği ve serinin 53 ile 130 m yükseklikler arasında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.42 ve 4.43). Serinin ortalama yüksekliği program tarafından 67.7 m olarak hesaplanmıştır.



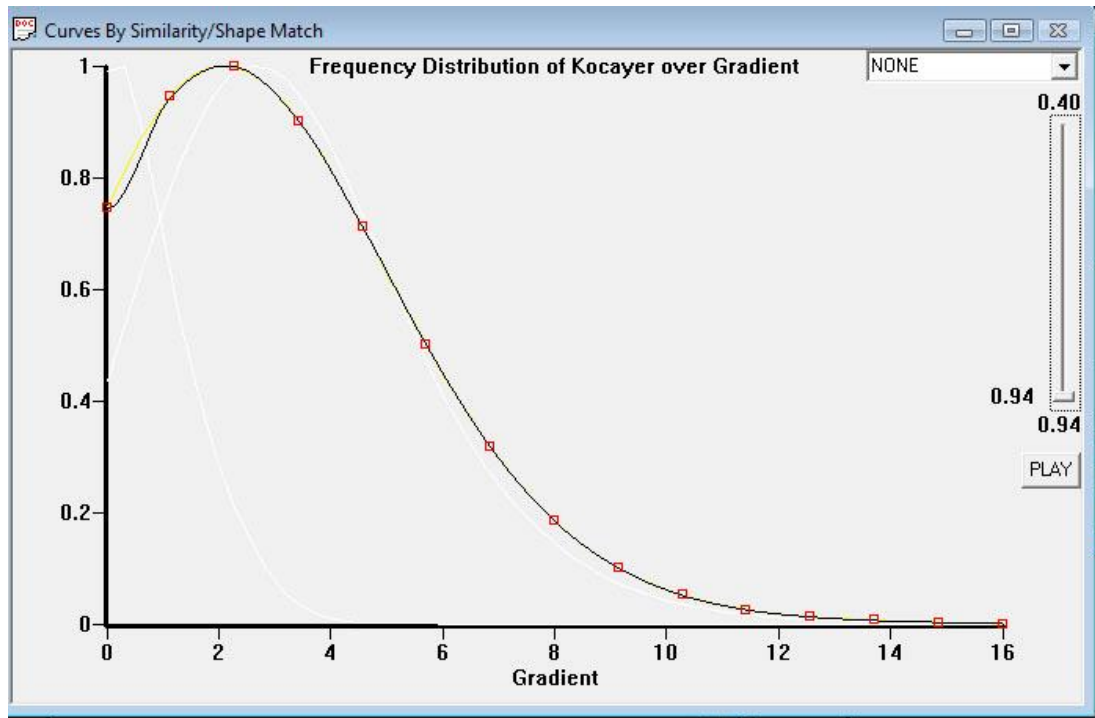
Şekil 4.42. Test alanı içerisindeki Kocayer serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı

Kocayer serisinin test alanı içerisindeki bulunduğu konumların yükseklik aralığı yaklaşık olarak 50-90 metre arasında olmasına rağmen komşu alandan test alanı içine giren aynı seriye ait çok küçük bir parça 130 metre seviyelerinde yer almaktadır. Bu durum şekil 4.42 deki grafiği açıklamaktadır.

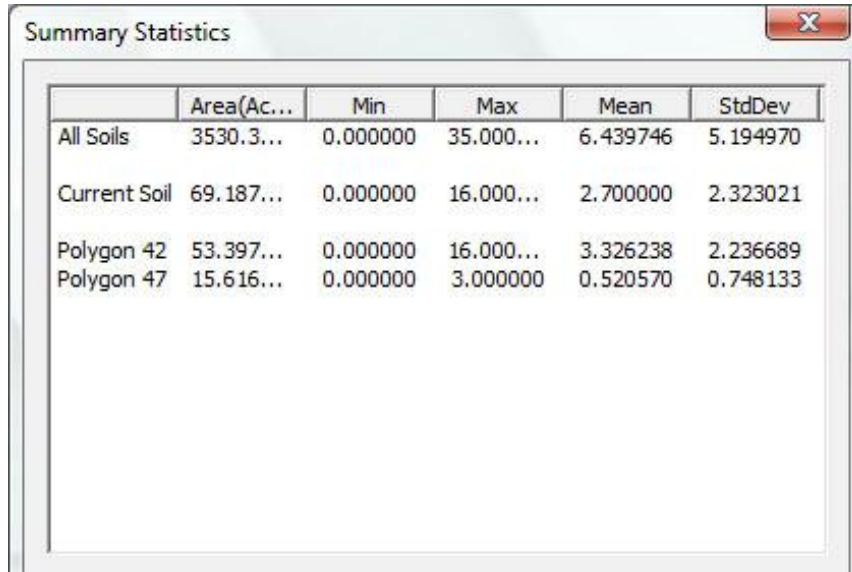
	Area(Ac...	Min	Max	Mean	StdDev
All Soils	3530.3...	50.000...	184.00...	102.84...	25.571...
Current Soil	69.187...	53.000...	130.00...	67.741...	8.789938
Polygon 42	53.397...	61.000...	85.000...	71.585...	4.360833
Polygon 47	15.616...	53.000...	57.000...	53.966...	0.931326

Şekil 4.43. Kocayer serisinin yükseklik verisi için dağılım istatistiği

Kocayer serisinin bölgedeki eğim aralığı 0 ile 16 derece arasında olup ortalama eğimi 2.7 derece olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.44 ve 4.45).



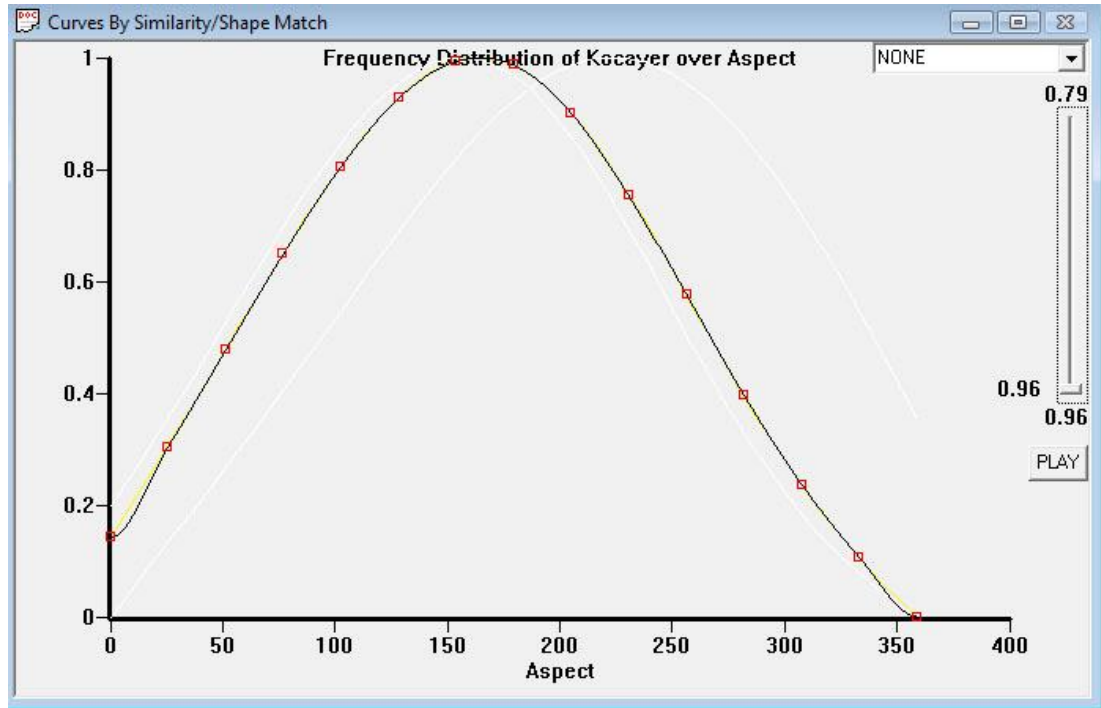
Şekil 4.44. Test alanı içerisindeki Kocayer serisinin yükseklik verisi üzerindeki dağılımı



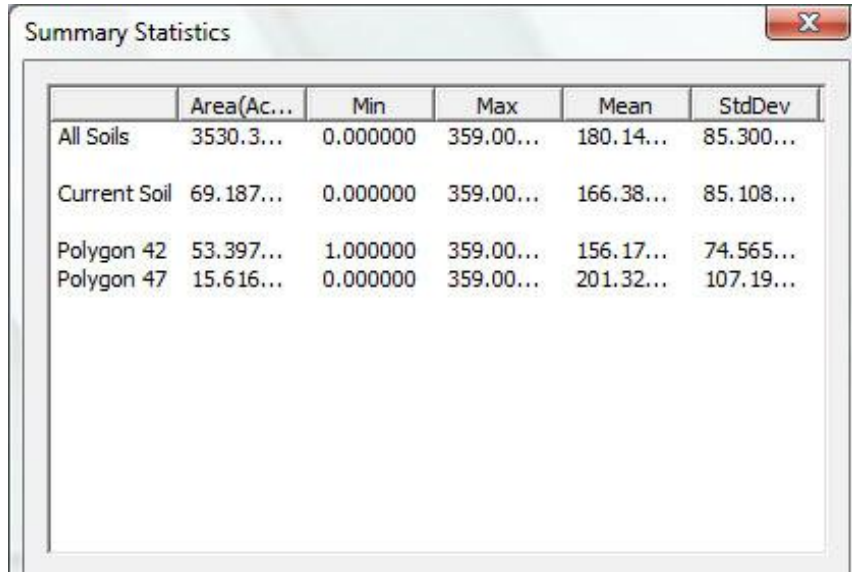
	Area(Ac...	Min	Max	Mean	StdDev
All Soils	3530.3...	0.000000	35.000...	6.439746	5.194970
Current Soil	69.187...	0.000000	16.000...	2.700000	2.323021
Polygon 42	53.397...	0.000000	16.000...	3.326238	2.236689
Polygon 47	15.616...	0.000000	3.000000	0.520570	0.748133

Şekil 4.45. Kocayer serisinin eğim verisi için dağılım istatistiği

Bakı verileri Akgedik serisinde olduğu gibi genel bir dağılım göstermiştir (şekil 4.46 ve 4.47)



Şekil 4.46. Test alanı içerisindeki Kocayer serisinin bakı verisi üzerindeki dağılımı



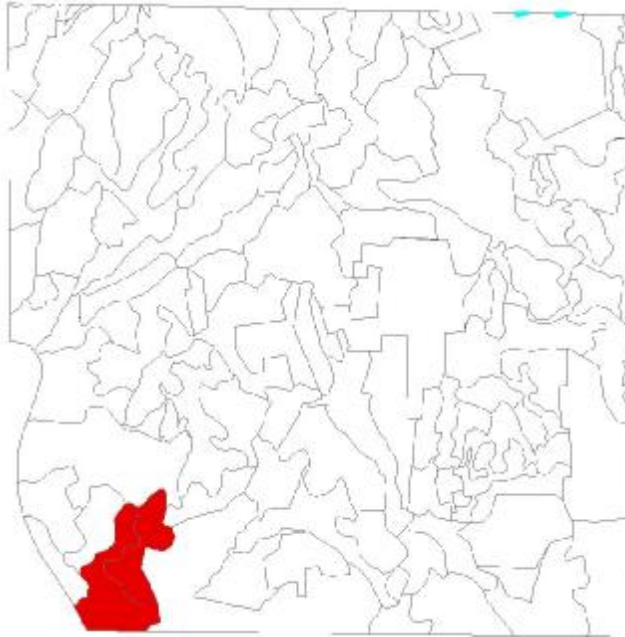
	Area(Ac...	Min	Max	Mean	StdDev
All Soils	3530.3...	0.000000	359.00...	180.14...	85.300...
Current Soil	69.187...	0.000000	359.00...	166.38...	85.108...
Polygon 42	53.397...	1.000000	359.00...	156.17...	74.565...
Polygon 47	15.616...	0.000000	359.00...	201.32...	107.19...

Şekil 4.47. Kocayer serisinin bakı verisi için dağılım istatistiği

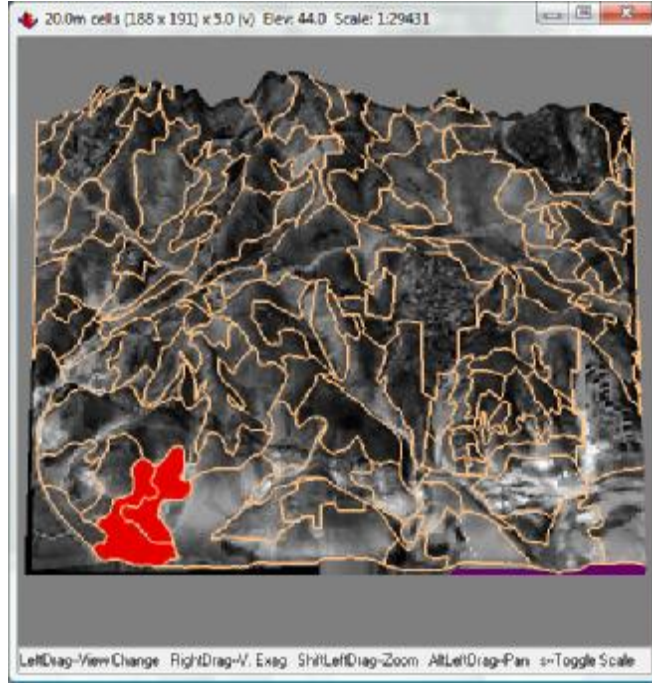
SoLIM uygulaması kocayer serisinin verileri işlenmiş ve muhtemel dağılımını gösteren benzetim modeli üretilmiştir (Şekil 4.48). Sonrasında Akgedik serisinde uygulanan işlemler ile toprak haritası üzerinde Kocayer serisinin gerçek dağılımını gösteren harita oluşturulup benzetim sonucunun 3 boyutlu görüntüsü üzerinde karşılaştırılmıştır (Şekil 4.49 ve 4.50). İnceleme sonucu Kocayer serisinin SoLIM modeli ile elde edilen muhtemel dağılımı gösteren benzetim üzerinde doğru alanlara denk geldiği gözlemlenmiştir. Seri benzetim sonucu bulunan muhtemel dağılım içerisinde küçük bir alanı kaplamıştır.



Şekil 4.48. SoLIM uygulaması tarafından Kocayer serisinin test alanı üzerindeki hesaplanan muhtemel dağılımı (Beyaz alanlar serinin bulunabileceği alanları göstermektedir)



Şekil 4.49. Kocayer serisinin test alanı üzerindeki dağılımı (Kırmızı ile gösterilen yerler seriye ait toprakların bulunduğu alanlardır)



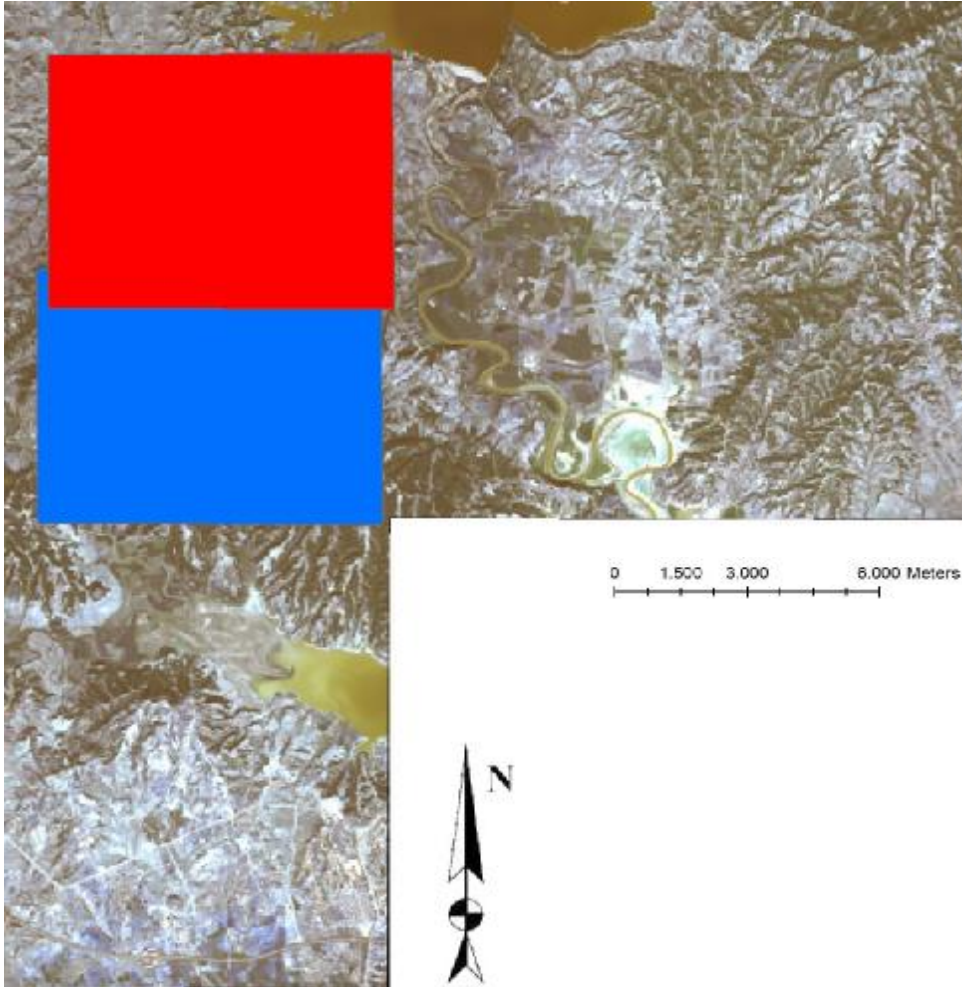
Şekil 4.50. Kocayer serisinin test alanı üzerindeki dağılımı serinin hesaplanan dağılımı ile çalıştırılmış (kırmızı ile gösterilen yerler seriye ait toprakların bulunduğu alanlardır)

4.5. İstatiksel Görüntü Sınıflandırma Çalışmaları

Sayısal görüntüleme tekniklerinin henüz gelişmediği dönemlerde toprak etüdleri, sadece hava fotoğraflarının stereoskop altında üç boyutlu incelenmesi ve yorumu ile bulunan olası toprak sınırlarının arazide kontrolü şeklinde yürütülmekteydi. Günümüzde de kullanılmakta olan bu yöntemin yerini alabilme potansiyeli olan sayısal görüntülerin otomatik görüntü sınıflandırma yöntemleri ile sınıflandırılması yoluyla toprak sınırları belirleme çalışmalarında son yıllarda belirgin bir artış görülmektedir (Dinç ve Şenol, 1998). Bu çalışmada büyük ölçekli detaylı toprak haritalarının yapılması amaçlandığından ve bu amaçla yersel çözünürlüğü en iyi olan QuickBird uydu verileri kullanıldığından bu veriler üzerinde istatistiksel görüntü sınıflama yöntemleri ile toprak sınırlarının bulunabilirliği araştırılmıştır.

Çalışmada muhtemel toprak sınırlarını belirleyebilmek amacı ile uydu görüntüleri üzerinde belirlenen 7x5 Km boyutlarında iki farklı bölge için istatistiksel

görüntü sınıflama denemeleri yapılmıştır. Arazi kullanımın şekillerinden kaynaklanacak farklı yansıma değerlerinin sınıflandırma çalışmasını etkilememesi için seçilen alanlardan ilki ormanlık alanların sık bulunduğu bir bölgeyi ikincisi ise kuru tarım arazilerinin yoğun olduğu bir bölgeyi içerecek şekilde belirlenmiştir (Şekil 4.51). Böylece farklı arazi örtü tipleri kendi içinde ayrı ayrı sınıflandırılarak daha sağlıklı sonuçlar alınması ve arazi kullanımının etkisini en az düzeye indirilmesi hedeflenmiştir. Belirlenen test alanlarının sınırları ArcGIS yazılımı kullanılarak çizilmiş ve yine aynı program vasıtası ile kesilerek ayrı görüntü dosyaları olarak saklanmıştır (Şekil 4.52 ve 4.53).



Şekil 4.51. Sınıflandırma çalışması için belirlenen test alanları. (Mavi ile işaretlenen ormanlık bölgelerin yoğun olduğu 1. Test alanı, Kırmızı ile işaretlenen kuru tarım arazilerinin bulunduğu 2. Test alanı)

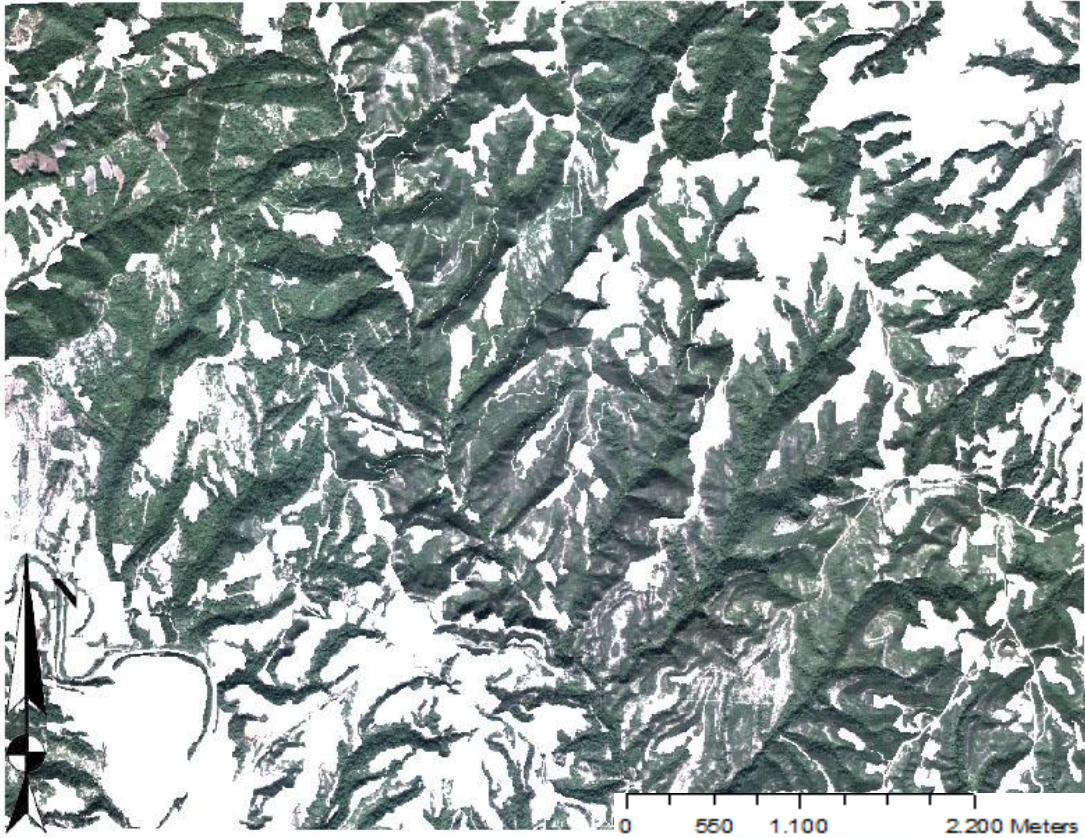


şekil 4.52. Ormanlık alanların yoğun olduğu I. Test alanı

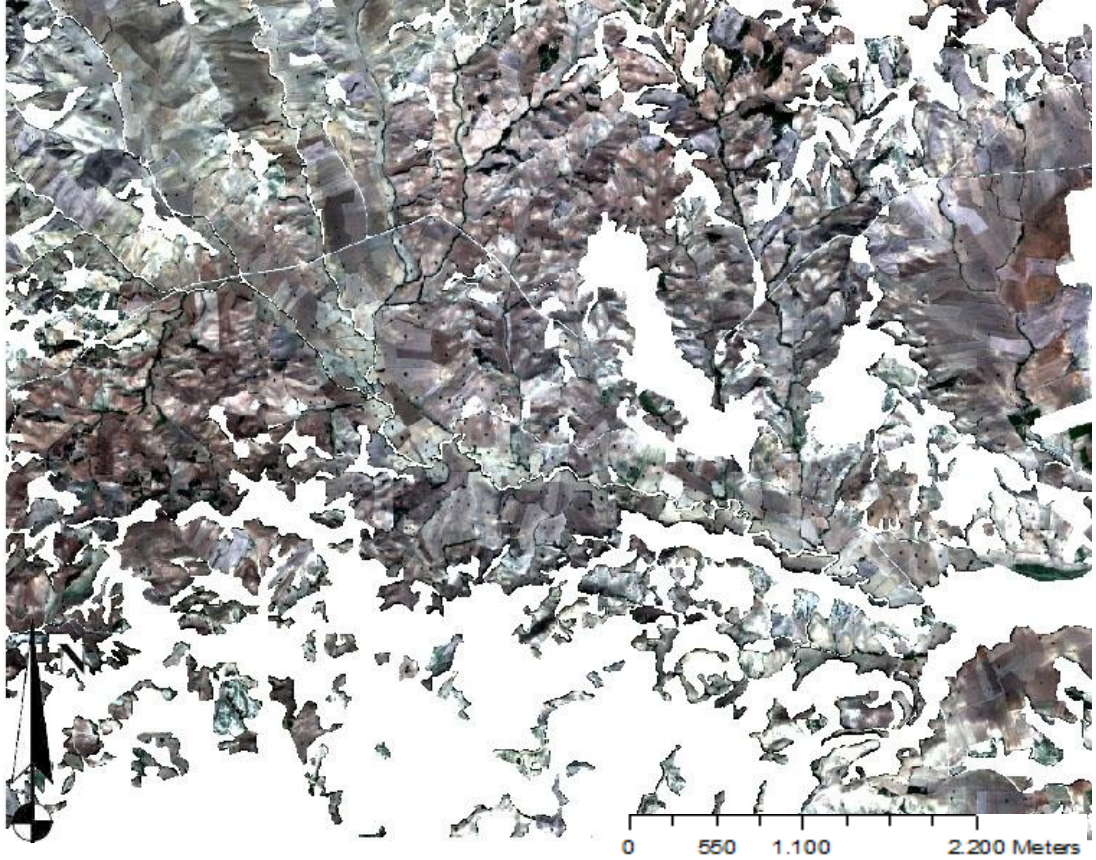


şekil 4.53. Kuru Tarım arazilerinin yoğun olduğu 2. Test alanı

Uydu görüntülerinin sınıflandırılması için Maksimum Benzerlik algoritması kullanılarak eğitimsiz sınıflandırma yöntemi ile kümeleme yapılmıştır. Sınıflandırma çalışmalarında belirlenen hedef alanların dışında kalan alanlar ve yapıların sonuçları etkilememesi için hedeflenen alanlar maskelenerek dekupe edilmiştir (Şekil 4.54 ve Şekil 4.55).



Şekil 4.54. Ormanlık alanlar. Ormanlık alan dışında kalan bölümler dekupe edilerek görüntüden çıkarılmış



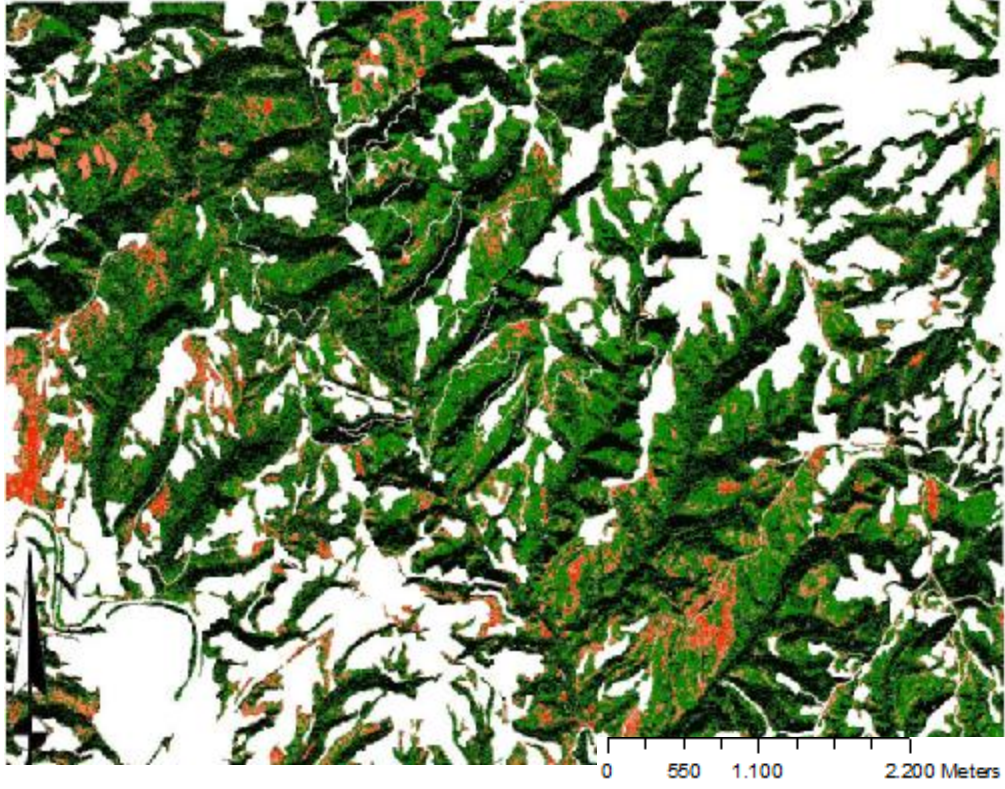
Şekil 4.55. Kuru tarım arazileri. Diğer alanlar dekupe ederek görüntüden çıkarılmış

Hedef alanların dışında kalan bölgelerin çıkarılması ile elde edilen uydu görüntüleri farklı bant kombinasyonları ve farklı sınıf sayıları denenerek kümelendi ve elde edilen sonuçlar bölgenin toprak haritası ile karşılaştırılarak örtüşmeleri incelenmiştir. Ayrıca klasik yöntemler ile yapılmış olan toprak haritalarında arazi çalışmalarında belirlenemeyen farklı toprak sınırlarının olup olmadığı incelenmiştir.

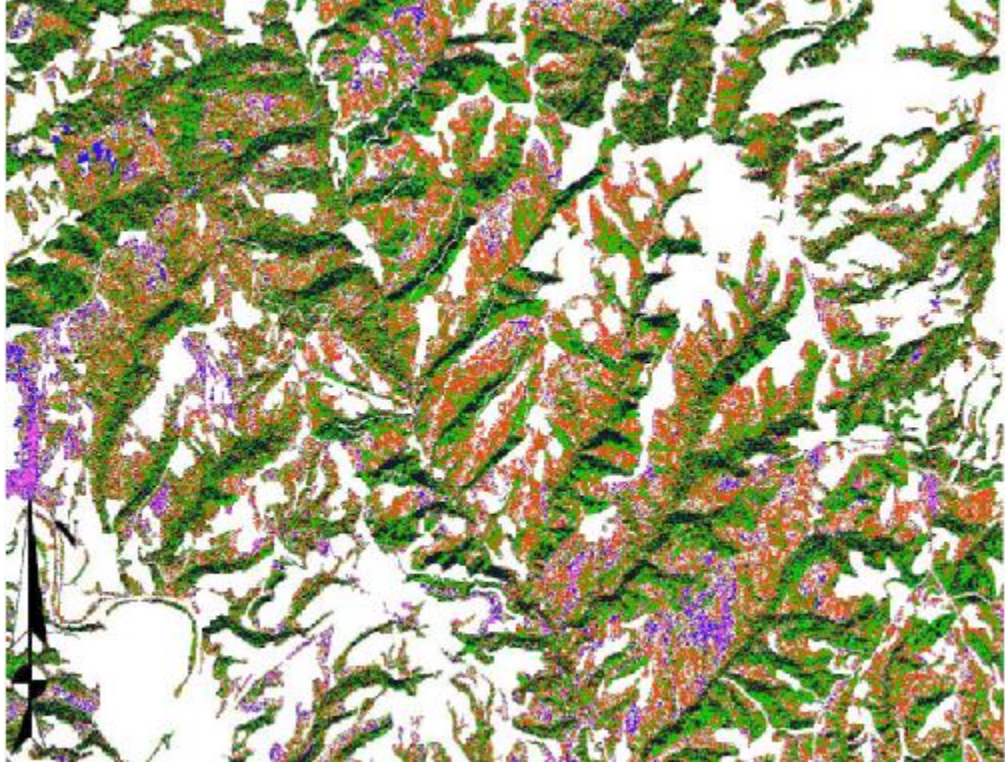
Yapılan çalışmaların bulguları her bir test bölgesi için ayrı ayrı incelenmiş ve alt bölümler olarak aşağıda verilmiştir.

4.5.1. Ormanlık Araziler için Sınıflandırma Çalışmaları

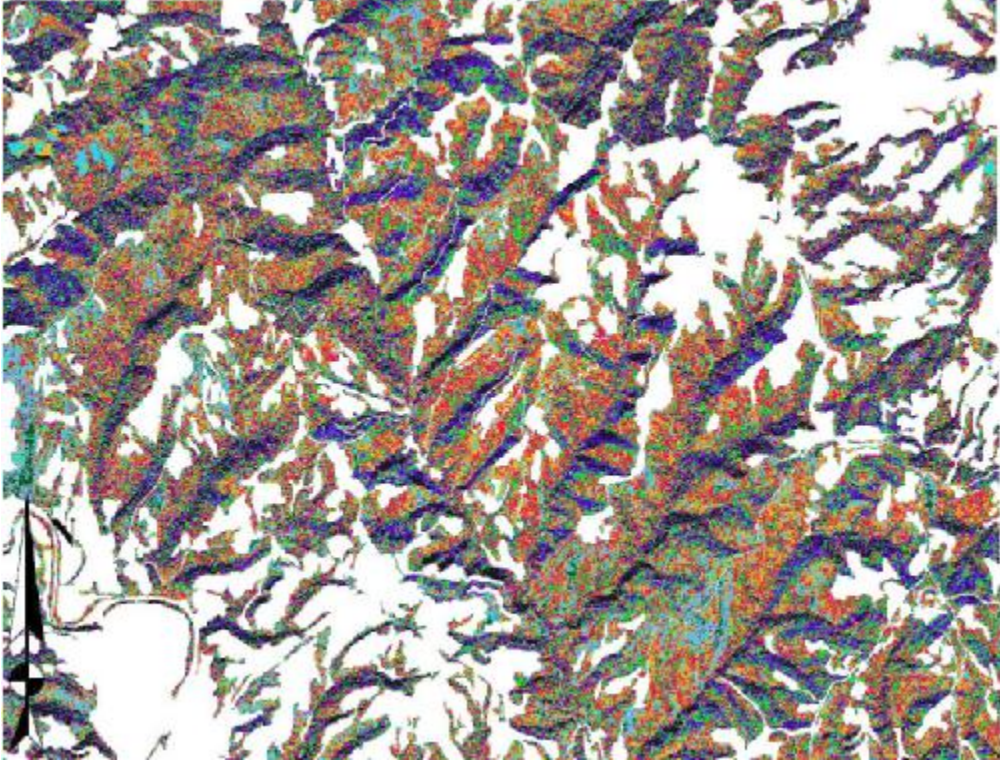
Ormanlık alanların bulunduğu uydu görüntüsü ile 3,2,1 bant sıralaması için 4, 6 ve 8 sınıf kullanılarak kümeleme çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.56, 4.57 ve 4.58). Kümeleme sonucunda elde edilen görüntüler bölgenin toprak haritası (Şekil 4.59) ile karşılaştırılmıştır.



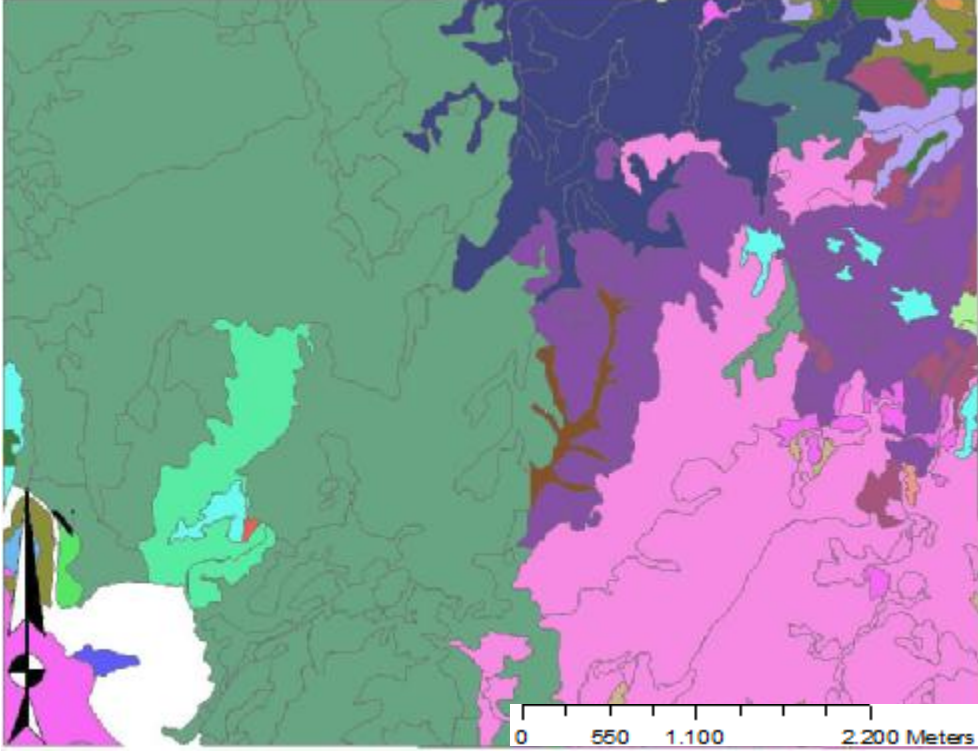
Şekil 4.56. Ormanlık alan için 4 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu



Şekil 4.57. Ormanlık alan için 6 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu

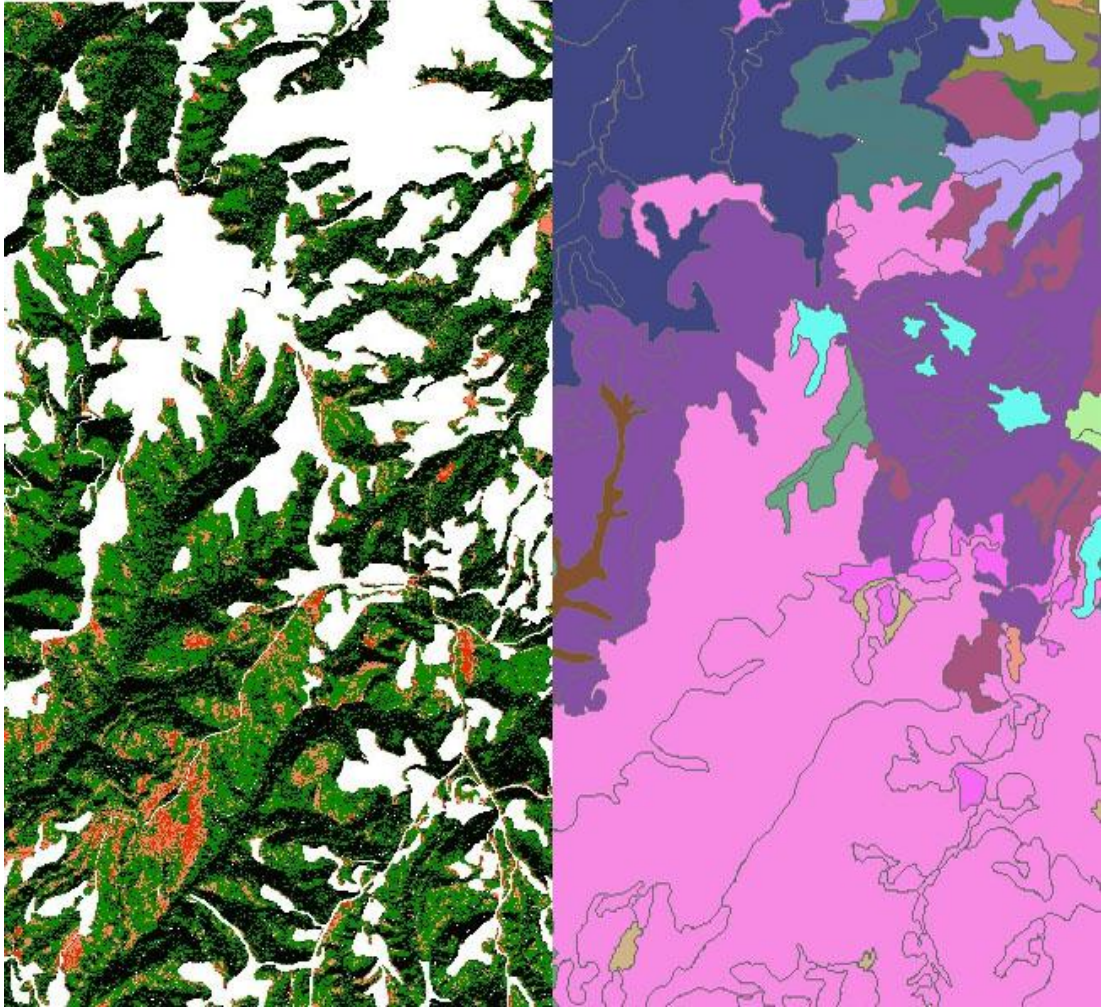


Şekil 4.58. Ormanlık alan için 8 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu



Şekil 4.59. Ormanlık alanların bulunduğu test alanının toprak haritası

Sınıflandırma çalışmalarının sonuçları incelendiğinde sadece ormanlık alanlardan oluşan bölgelerin sınıflandırılmadan önce de mevcut torak sınırları desenine benzediği fakat sınıflandırma sonuçlarının toprak sınırlarının belirlenmesine katkısı olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.60). Ormanlık alanların sınıflandırılması ile daha çok eğimden kaynaklanan gölge etkisi belirgin bir şekilde ön plana çıkmıştır.

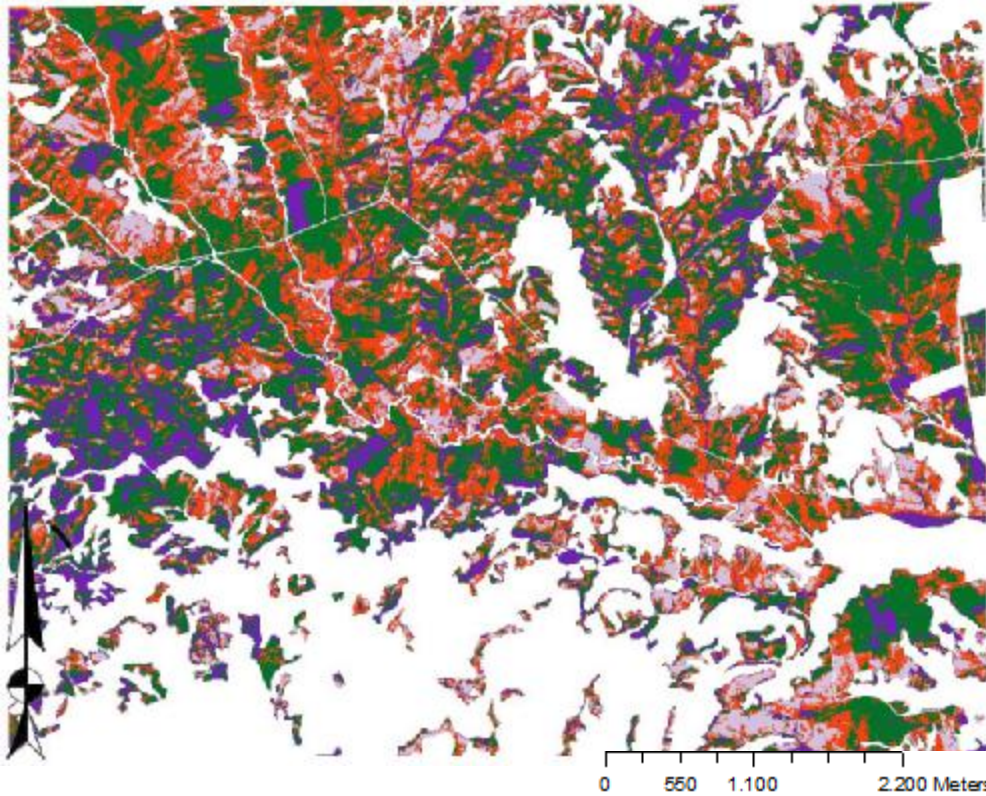


Şekil 4.60. Ormanlık alanların 4 sınıf sayısı belirlenerek kümelenmiş uydu görüntüsü (Solda), Aynı alanın toprak haritası (Sağda)

Kümeleme işlemlerinde sınıf sayısının artması ile küçük alanlar halinde farklı sınıflardan oluşan kümeler tespit edilebilmektedir. Fakat bunların hiçbirisi genel toprak sınırları içerisinde yeni sınırlar belirlemek için yeterli büyüklükte alana sahip değildir.

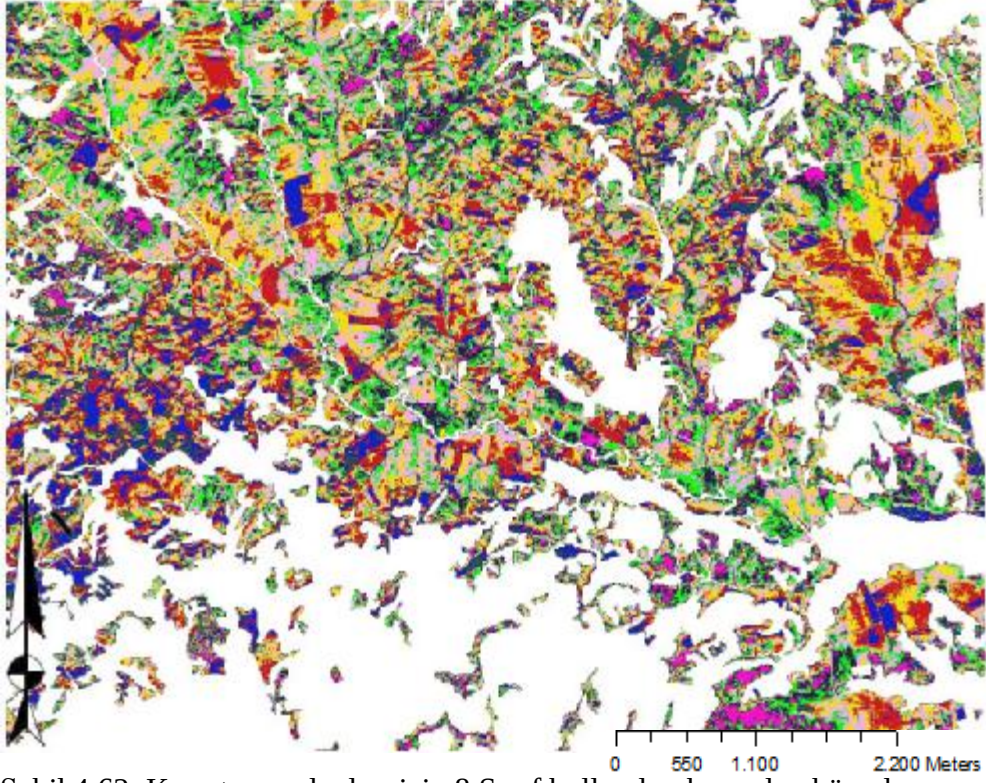
4.5.2. Kuru Tarım Arazileri için Sınıflandırma Çalışmaları

Kuru tarım alanların bulunduğu uydu görüntüsü ile 3,2,1 bant sıralaması için 4, ve 8 sınıf kullanılarak kümeleme çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.61 ve 4.62). Kümeleme sonucunda elde edilen görüntüler bölgenin toprak haritası (Şekil 4.63) ile karşılaştırılmıştır.

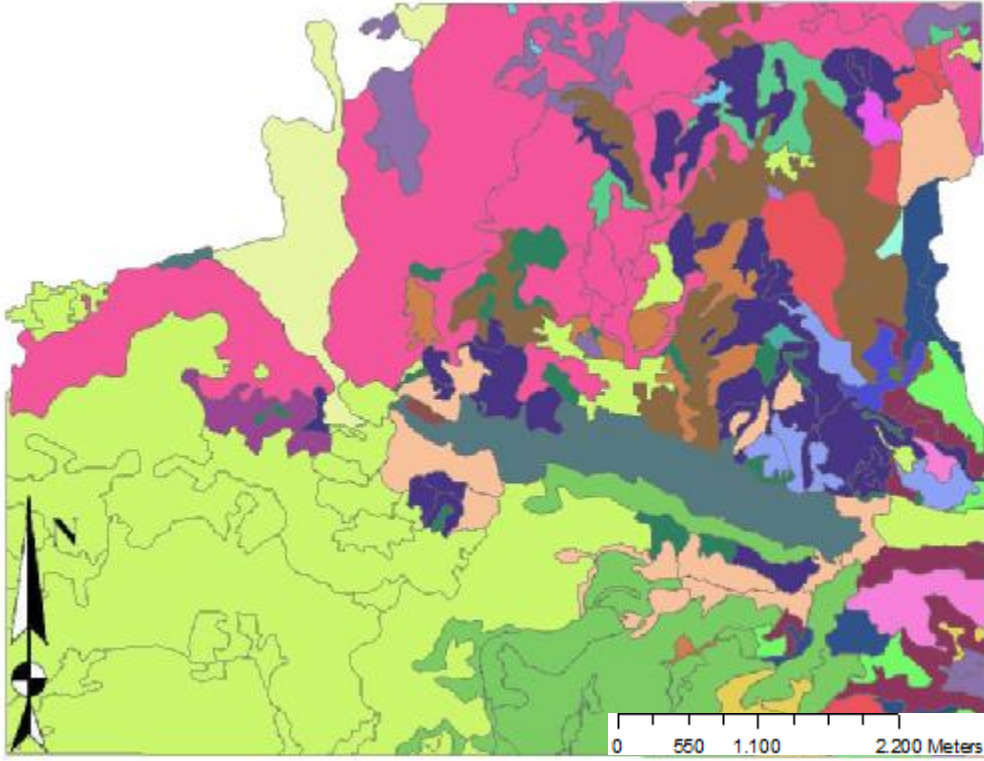


Şekil 4.61. Kuru tarım alanları için 4 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu

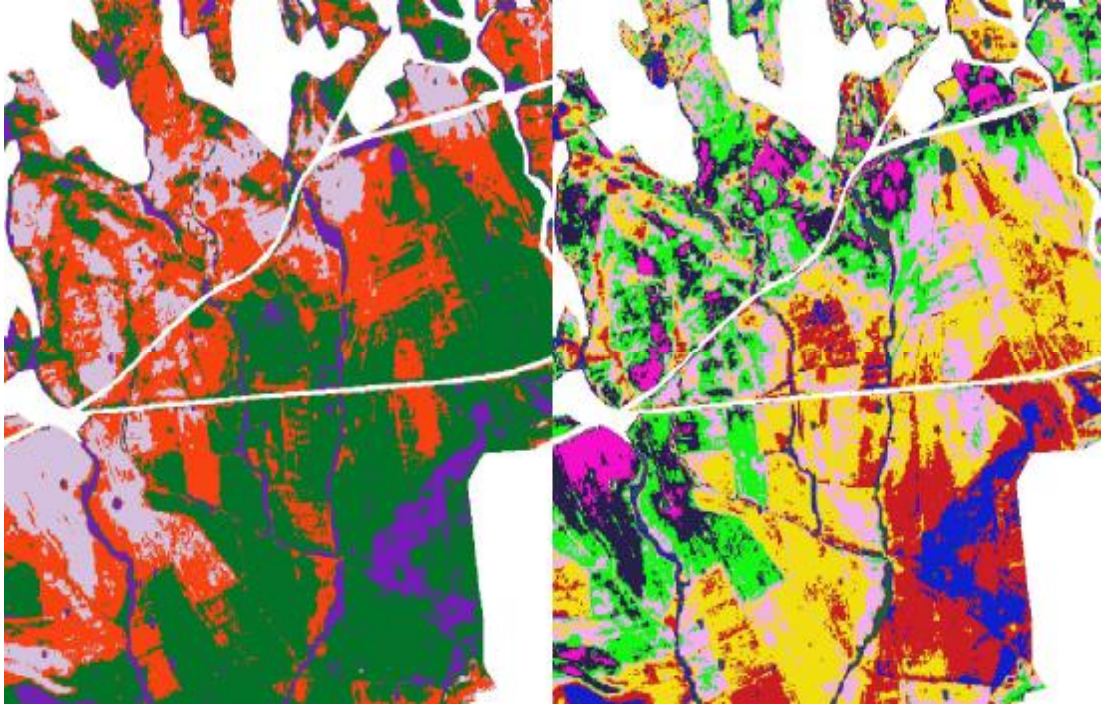
4 sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucunda arazi kullanımından doğan sınırlar belirgin bir şekilde ön plana çıkarırken 8 sınıf kullanılarak yapılan kümelemede arazi kullanımı ile oluşan yapay sınırlar içerisinde farklı doğal sınırlar görülebilmektedir. Fakat bu kümeler toprak haritasında gösterilemeyecek kadar küçük alanlardan oluşmuştur (Şekil 4.64).



Şekil 4.62. Kuru tarım alanları için 8 Sınıf kullanılarak yapılan kümeleme sonucu

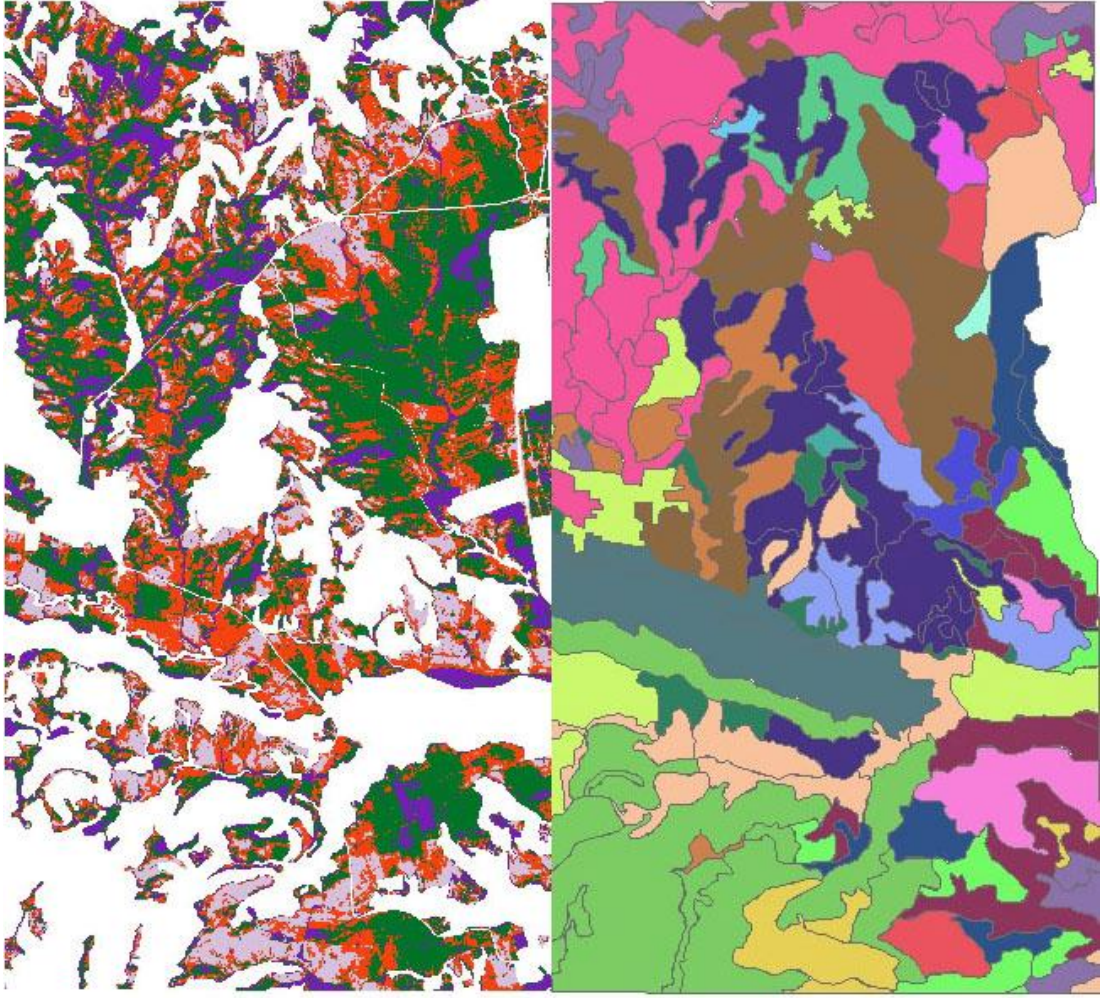


Şekil 4.63. Kuru tarım alanlarının bulunduğu test alanının toprak haritası



Şekil 4.64. Kuru tarım alanlarının 4 sınıfa göre yapılan kümeleme çalışması (Solda) ile 8 sınıf kullanılarak yapılan kümeleme çalışması (sağda).

Kuru tarım arazileri üzerinde yapılan sınıflandırma çalışmalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde sonuçların mevcut toprak haritasında gösterilen sınırlar ile örtüşmediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.65). Sınıflandırma sonuçlarında arazi kullanımından kaynaklanan yüzey yansımaları belirgin bir şekilde kümeleme sonuçlarını etkilediği görülmüştür.



Şekil 4.65. Kuru tarım alanlarının 4 sınıf sayısı belirlenerek kümelenmiş uydu görüntüsü (Solda), Aynı alanın toprak haritası (Sağda)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Adana'nın kuzeyinde Çatalan Barajından başlayarak Dinç ve ark., (1989) tarafından detaylı toprak etüd ve haritalaması yapılmış olan alanlara kadar uzanan ve günümüzde kent gelişim alanları içerisinde bulunan daha çok eğimli arazilerden oluşan alanda yürütülen çalışmada, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve sayısal haritalama teknikleri kullanılarak detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarında yeni yöntemlerin geliştirilmesi üzerine önemli bulgular elde edilmiştir. Ancak çalışma sonucunda birçok yöntemin farklı alanlarda denenmesi ve yöresel yöntemlerin araştırılması gerektiği de açıkça görülmüştür.

Taşınabilir Bilgisayarlar için Profil Tanımlama ve Sonda Yazılımları:

Çalışmada toprak etüdlerinin birinci ve ikinci arazi çalışmaları aşamalarında arazide belirlenen verilerin mobil bilgisayarlara girilmesi ve arazi sonrası ana bilgisayara aktararak veri bankası oluşturmaya imkân veren Profil Tanımlama ve Sonda yazılımları hazırlanmıştır. Hazırlanan Profil Tanımlama yazılımı arazi çalışmalarının birinci aşamasında toprak serilerinin morfolojik özellikleri ve tanımlama yerine ilişkin verilerin girilmesinde başarıyla kullanılmıştır. Ancak haritalama aşamasında (2. arazi çalışmaları aşaması) kullanılan Sonda yazılımı etütçünün arazide daha fazla zaman harcamasına neden olduğundan bu çalışmada kullanılmamıştır. Buna karşılık, çok ayrıntılı etüdlerde ve sondalara ilişkin verilerin kaydedilmesi gerekli olduğunda söz konusu yazılım başarıyla kullanılabilecektir.

Çalışmada profil bilgileri ve sonda bilgilerini kaydetmek için kullanılan avuç içi bilgisayarların pratik olarak kullanımının arttırılması için entegre GPS içeren bir taşınabilir bilgisayar modellerinin kullanılması ve yazılımın söz konusu cihazlar için modernize edilmesi daha pratik kullanım olanağı verebilir. Ayrıca bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, bu yöntemin gelecekte daha verimli ve etkin olarak kullanılacağını göstermektedir.

Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim Haritalarının Oluşturulması:

TIN modeli ile elde edilen eğim haritaları kapalı eğrilerin geçtiği taban ve sırt arazilerinde hatalı sonuçlar vermektedir. SYM ile elde edilen harita enterpolasyon ile ara bölgelerde veri üretimi sağladığı için TIN deki problemler görülmemiştir. Çalışmada

rastgele belirlenen noktaların toprak haritasında gösterilen eğim sınıfları ile karşılaştırılmasında, SYM eğim haritasının TIN eğim haritasına göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca SYM ler oluştururken piksel boyutunun büyüklüğü eğim haritası üretiminde sonucu etkilediği tesbit edilmiştir.

Toprak sınırları da eğim sınıflarına bağlı olarak değişim göstermektedir ve detaylı toprak haritalarında eğimdeki değişimler faz olarak haritalanmaktadır (Dinç ve Şenol, 1998). Bu nedenle çalışmada hava fotoğrafları ile yapılan klasik etüdler ek olarak 1:25.000 ölçekli sayısal yükseklik paftaları kullanılarak yapılan oluşturulan eğim sınıfları haritasının zenginleştirilmiş uydu verisi ile çakıştırılarak hazırlanan 1:10.000 ölçekli görüntü arazide altlık olarak kullanılmıştır. Yukarıda da belirtildiği sayısal yükseklik paftalarının ölçeğinin arazide kullanılan görüntünün ölçeğinden çok küçük olması nedeniyle arazide görülen sınırlardan farklı olmasına, sınıf hatalarına ve gerçek sınırlara göre kaymalar meydana gelmesine neden olmuştur. Örneğin bilgisayar ortamında %6-12 eğim sınıfında olduğu belirlenen bazı alanların toprak sınır kontrolleri sırasında %12-20 eğiminde olduğu tespit edilmiştir

Topoğrafik harita bilgileriyle oluşturulan eğim haritasındaki sınırların toprak sınırları ile fazla örtüşmemesinin en önemli nedeni topoğrafik haritanın ölçeğidir. Çalışma alanı için var olan 1:25.000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarının ölçeği araştırma için yetersiz kalmıştır. 1:5.000 ölçekli topoğrafik haritalarla eğim sınıf ve sınırları belirlenmesi imkânı olsaydı daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır. Nitekim, çalışmada kullanılan topoğrafik harita ölçeği, Soil Survey Division Staff (1993)' de belirtildiği şekilde haritalamada kullanılan altlık haritanın ölçeği baskı haritasının ölçeğinden büyük olmalıdır, ilkesine aykırıdır.

Yapay Sinir Ağları : Uydu görüntüleri ve eğim haritaları ile toprak haritası arasındaki ilişkiyi bir Yapay Sinir Ağına öğretmek, benzer verilerden muhtemel toprak sınırlarının tahmin edilmesi amacı ile mevcut veriler kesilmiş, eğitim ve test veri setleri oluşturulmuştur. Yapay sinir ağları uygulaması için kullanılan verilerin 120x120 piksel (yaklaşık 1 x 1 km) den oluşan kesitler halinde kullanılmasına rağmen hesaplama işlemi mevcut donanım ve yazılımlar için büyük bir yük getirmektedir. Verilerin hazırlanma sürecinin uzun olması ve hesaplama işleminin yapılabilmesi için seçilen kesit büyüklüğünün toprak haritaları oluşturmak için küçük

parçalardan oluşması pratikte bu yöntemin kullanımını da zorlaştırmaktadır. Ayrıca mevcut veriler ile hem uydu görüntüleri ile toprak haritası karşılaştırılması hem de eğim sınıflandırması ile toprak haritası karşılaştırılmasında giriş veri setlerinin hedef çıktılara görsel olarak benzememesinden dolayı uygulamadan anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Uydu görüntülerinde arazi kullanımından kaynaklanan görünümünün etkili olması, eğim haritasının da toprak sınırları ile fazla örtüşmemesi nedeni ile her iki veri seti de yapay sınır ağları için kurulan modelde eğitim aşamasında ağı eğitecek yeterli veri sağlayamamıştır. Topoğrafik harita bilgileriyle oluşturulan eğim haritasındaki sınırların toprak sınırları ile fazla örtüşmemesi sorunu Yapay Sınır Ağları ile yapılan çalışmaya da artan boyutta yansımıştır.

Toprak Fizyografya Etkileşim Modeli: Toprak karakteristikleri ile fizyografya ilişkisi açısından eş yükselti eğrilerinden üretilebilen eğim, bakı ve yükseklik değerleri denenebilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda bakı ile toprak serilerinin ilişkisinin zayıf olduğu tespit edilmiştir. Eğim ve yükseklik ayırt edici özellik olmasına rağmen birçok seriye göre ortak dağılım vermektedir. Dağılımın sağlıklı bir şekilde tahmin edilebilmesi için jeolojik haritaların kullanılması daha iyi sonuçlar vereceğine kanaat getirilmiştir. Profile Curvature ve Planform Curvature bazı seriler için ayırıcı özellik olarak ön plana çıktığı tesbit edilmiştir.

Kocayer serisi eğim ve yükseklik dağılımı olarak daha kısıtlı bir alanda çıktığı için benzetim sonucu daha başarılı olmuştur. Fakat aynı seri test alanı dışında farklı yükseklik ve eğimde bulunabilmektedir.

Test alanı içerisinde analiz edilen serilere ait tespit edilen peyzaj bilgileri test alanı dışında aynı seriye ait topraklarda farklılık göstermesi test alanından elde edilen toprak-peyzaj ilişkilerinin toprak serilerinin karakteristik özelliklerini temsil etmede yetersiz olması çalışmanın diğer alanlara yaygınlaştırılmasında başarısız olmasına neden olmaktadır. Bakı verisi tüm seriler için genelde ayırıcı bir özellik olmadığı gözlenmiştir.

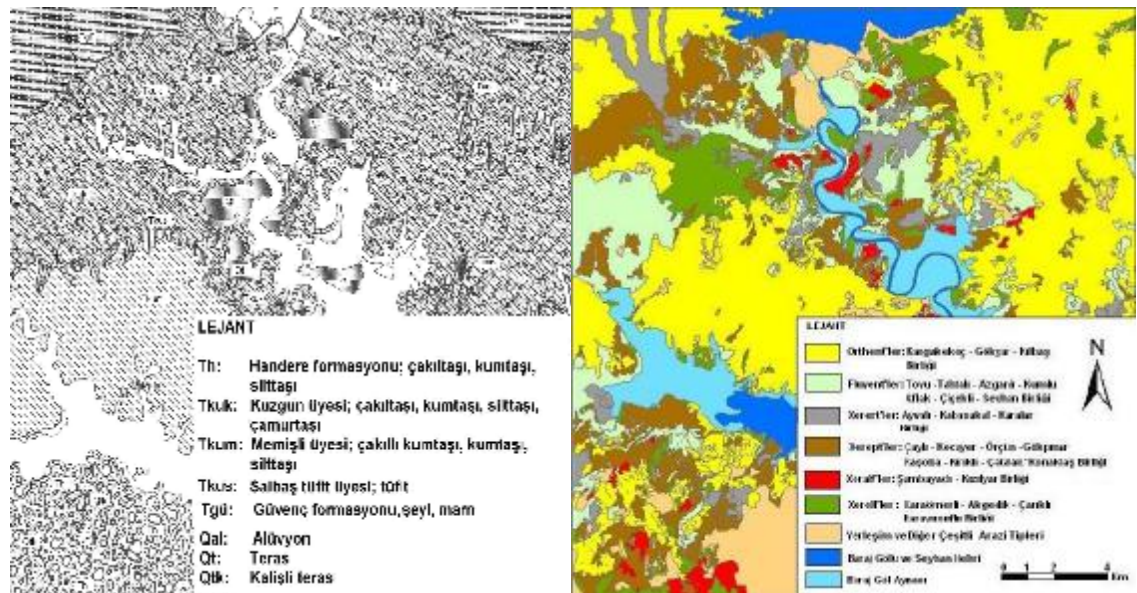
İstatiksel Görüntü Sınıflandırma Çalışmaları: Farklı yöntemler kullanılarak ve farklı sınıf sayıları gözetilerek yapılan sınıflandırma sonuçlarının da test alanının toprak haritası ile karşılaştırıldığında sınıflandırma çalışmalarının toprak sınırlarını belirlemede başarısız olduğu görülmüştür. Burada en önemli neden çeşitli

toprak serileri arasındaki yüzey yansıma farklılıklarının arazi yüzeyinden yansımayı etkileyen sürüm, bitki örtüsü, bakı ve eğim gibi diğer karakteristikler yanında önemsiz kalmasıdır.

Araştırmada test alanlarında edinilen deneyimler ve mevcut veriler yardımıyla diğer alanların toprak sınırlarının araziye çıkmadan önce gerçeğe en yakın tahmin edilmesine olanak sağlamaya ve bu şekilde etüdün süre ve maliyetini azaltmaya yönelik çalışmalarda amaçlanan hedeflere tam anlamıyla ulaşılamamıştır. Bunda etkili olan faktörler aşağıda özetlenmiştir:

Görüntü sınıflama yöntemleri toprak sınırlarından çok arazi kullanım sınırlarını belirlemiştir. Diğer çoklu verilerin bir arada kullanılmasına imkân sağlayan yöntemlerin uygulanmasında mevcut verilerin ölçek ve detayının çalışma ölçeğine göre çok yetersiz olması nedeniyle beklenen performansa ulaşılamamıştır. Sayısal yükseklik paftalarının ölçeği, jeolojik haritanın ölçeği ve içerdiği detay toprak sınırlarının sağlıklı olarak tahmin edilmesini engellemiştir. Şekil 5.1 'de çalışma alanının jeolojik haritası ile toprak birlik haritası karşılaştırmak amacıyla yan yana verilmiştir. İlk bakışta her iki haritadaki sınırlar genelde uyumlu olarak görülmektedir. Daha yakından incelendiğinde hemen hemen aynı jeomorfolojik birimler üzerinde oluşmuş toprak serilerinden oluşan toprak birliklerini ayıran sınırların bile jeolojik haritadan farklı oluşu görülmektedir. Örnek olarak jeolojik haritada ve toprak birlik haritasında gösterilen alanda koluviyal topraklar yayılım göstermektedir. Jeolojik haritada bu tür koluviyal depoları çok yüzeysel olduğundan koluviyallere ilişkin bilgi bulunmamaktadır. Jeolojik haritada eski nehir terasları yerleri kabaca belirlenmiştir. Bu nedenle jeolojik harita toprak serilerinin tanımlama yerlerini belirlemede iyi bir yol gösterici veri kaynağı olmuştur. Buna karşılık toprak serileri ve bunlarına eğim derinlik, taşlılık gibi fazları arasındaki sınırların bulunmasında çok yetersiz kalmıştır. Sonuç olarak, toprak sınırlarının coğrafi bilgi sistemleri ve otomatik sınıflama yöntemleri kullanılarak araziye çıkmadan tahmin edilebilmesi için kullanılacak verilerin ölçek ve ayrıntısı, çalışmada hazırlanmak istenilen toprak haritasının ölçeğinden zorunlu olarak çok daha büyük olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, Soil Survey Division Staff (1993) tarafından ortaya konulan —toprak etüdlerinde arazi paftalarının ölçeği baskı

haritasının ölçeğinden büyük olmalıdır— ilkesiyle de örtüşmektedir. Ayrıca proje çalışmaları tamamlandıktan sonra mobil bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yazılım ve donanımlarındaki gelişmeler gelecekte bu konuda otomasyona gidilmesine ve CBS tekniklerinin daha etkin olarak kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Buna rağmen toprak yapan faktörlere ilişkin ayrıntılı veriler üretilmedikçe, beklenen başarıya ulaşmak mümkün olmayacaktır. Bu nedenle daha ayrıntılı jeolojik haritaların özellikle yüzey jeolojisine ilişkin veriler ve haritaların yapılmasının ilgililere önerilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.1. Çalışma alanı jeolojik haritası ve toprak birlik haritası (Şenol ve Ark., 2009)

KAYNAKLAR

- AGBU, P.A., FEHRENBACHER,D.J., JANSEN.I.J., 1990. Statistical comparison of spot spectral maps with field soil maps. Soil Sci. Soc. Am. J., 54: 812-818.
- ALTINBAŞ, Ü., SEÇMEN, Ö., TÜRK, N., KURUCU, Y., BOLCA, M., DELİBACAK, S., ÇOKUYSAL, B., TÜRK, T., 1999. Ege Bölgesi Örneğinde Büyük Menderes Havzası Batı Bölümü Arazilerinin Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Toprak Taksonomisi ile Arazi Kullanım Haritalarının Yapılabilirliği Üzerine Araştırmalar. E. Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, DPT Proje No: 96 K 120670. Bornova, İzmir, Pp: 200.
- AKBAŞ, F., YILDIZ, H., 2004. Toprak Özelliklerinin Haritalanmasında Jeostatistiksel Tekniklerin Kullanımı. 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, İstanbul.
- ANONİM, 2009. Earth Observation & GIS of the Physical Environment Course Material, School of Geography, University of Leeds.
- BAYRAMİN, İ., 2000a. Using Geographic Information System And Remote Sensing Techniques In Making Pre-Soil Surveys, International Symposium On Desertification, Konya. Pp. 27-33
- _____,2000b. Neural Network Approach For Small Scale Soil Mapping, International Symposium On Desertification, Konya.
- BEHRENS, T., FÖRSTER, H., SCHOLTEN, T., STEINRÜCKEN, U., SPIES, E., GOLDSCHMITT, M., 2005. Digital soil mapping using artificial neural Networks, Journal of Plant Nutrition and Soil Science,168(2):21-33
- BENEDIKTSSON, J., 1990. PHILIP, H. S., OKAN K. E., Neural Network Approaches Versus Statistical Methods in Classification of Multi-source Remote Sensing Data, IEEE Transactions on geosciences and remote sensing, 28(4): 540-551.
- BOUDOT, Y., NADASIDI, I., DONNAY, Y.P., 1988. Towards an Urban Land Use Classification Using Textural and Morphological of IGARSS. Symposium Edinburg, Scotland, pp. 629.

- BOUL, S. W., HOLE, F.D., McCRACKEN, R.J., 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Pres, Ames.
- BRUZZONE, L., 1999. 2. Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images. World Scientific Pub Co Inc, ISBN: 9810249551, Pp:401.
- BURROUGH, P.A., 1987. Mapping and Map Analysis: New Tools for Land Evulation. Soil Use Management, Vol. 3(1).
- CARRE', F., McBRATNEY, A.,B., 2005. Digital terron mapping. Geoderma, 128(3-4):340-353
- CIPRA, J.E., FRANZMEIER, D.P., BAUER, M.E., BOYD, R.K., 1980.Comparison of multispectral measurements from some nonvegetated soils using Landsat digital data and a spectroradiometer. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:80-84.
- CLINE, M.G., 1963. Logic of the New System of Soil Classification. *Soil Sci.* 96: 17-22,
- COOK, S.E., CORNER, R.J. GREALISH, G. GESSLER, P.E. CHARTRES, C.J., 1996. A Rule-based system to map soil properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 60: 1893-1900.
- ÇÖLKESEN, I., KAVZOGLU,T., 2009. A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 11(5):352-359
- ÇULLU, M.A., 1993. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Toprak Erozyonunun Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- _____,DİNÇ, U., ŞENOL, S, ve ÖZTÜRK, N., 1996. Uydu Verileri Yardımıyla GAP Bölgesi Topraklarının Haritalanması, Türkiye ESRI Arc/Info Kullanıcıları Toplantısı, Ankara, s. 189-195
- DİNÇ, U., KAPUR, S., ÖZBEK, H., ŞENOL, S., 1987. Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi Yayınları Ders Kitabı 7.1.3. Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana. Pp:379.

- _____.SARI, M., ŞENOL, S., KAPUR, S., SAYIN, M., DERICI, M. R., ÇAVUŞGİL, V., GÖK, M., AYDIN, M., EKİNCİ, H., AĞCA, N., (1989). Çukurova Bölgesi Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı No. 26. Adana, Pp: 171.
- _____.ŞENOL, S., 1998. Toprak Etüd ve Haritalama. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 161, Ders Kitapları Yayın No: A-50 Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana Pp: 235
- _____. DERICI, M.R., ŞENOL, S., ve Diğerleri., 2000. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Detaylı Toprak Etüd ve Haritalama Projesi Cilt-I. K.K.T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı- Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Bilimsel ve Teknik İşbirliği. Lefkoşa. Kıbrıs. Pp:648
- DİNÇ, A. O., 1995. Importance of Satellite Remote Sensing for Developing Countries for Mapping and Monitoring Natural Resources: Examples from Turkey. ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition Technical Papers., Vol:3, Charlotte, NC., pp:741-747.
- _____. D'SOUZA G., 1995. Detailed Soil Mapping in Rangelands Using landsat-TM Data in Southeastern Anatolia Region of Turkey. ASPRS 61st Annual Convention and Technical Papers. Volume 3 Charlotte, N. Carolina, USA. pp:748-758.
- DİNGİL, M., ŞENOL, S., ÖZTÜRK, N., KANDIRMAZ, M., ÖZTEKİN, E., DİNÇ, U., YEĞİNGİL, I., 1997. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Arazileri Veribankası (ÇÜZİDSA). 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Bildiriler Kitabı, Bursa VI-14.
- _____. ŞENOL, S., ÖZTEKİN, M.E., 2008. Çukurova Üniversitesi Kampus Alanı Topraklarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Detaylı Toprak Etüt ve Haritasının Güncellenmesi. (Bilimsel Araştırma Projesi), Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü,
- ESRI, 2009. ArcGIS Desktop 9.3 Help, <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/>
- FAO, 1977. A framework for Land Evaluation. International Institute for Land Reclamation an Improvement/ILRI, Publication 22, Wageingen, the Netherlands, Pp: 87.

- _____,1988. Soil Map of the World. Revised Legend. Reprinted with Corrections. World Soil Resources Report 60. FAO, Rome, Pp: 119
- _____,UNESCO., 1974. Soil Map of the World 1/5.000.000.Vol.1, Legend. UNESCO Paris. , Pp: 59
- _____,1990. Guidelines For Soil Description. 3rd Edition (Revised). Soil Resurces, Management and Conservation Service Land and Water Development Division. Rome, Pp: 70
- _____, 2006. World Reference Base for Soil Resources. ISSS-ISRIC-FAO, World Soil Resources Reports 103. Rome, Pp: 128
- FOODY, G.M., 1996. Relating the Land-Cover Composition of Mixed Pixels to Artificial Neural Network Classification Output. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 62(5): 491-499.
- GÖKÇEN, S.L., Kelling, G., Floyd, P.A., Gökçen, N., 1985. Adana Baseni Misis KarmaĞığı KarataĞ Formasyonu Türbitit KumtaĞlarının Kil Mineralojisi.II.Ulusal Kil Sempozyumu 24-27 Eylül Beytepe/Ankarapp:93-103.
- GÜLTEKİN, E., 1974. Adana İli Peyzaj Potansiyelinin Bitkisel Yönden Saptanması ve Peyzaj Planlama İlkelerine Uygun Olarak Değerlendirilmesi Olanakları Üzerine Bir Araştırma, (Doktora Tezi), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü Adana.
- GÜRBÜZ, K., Gökçen, S.L., Gökçen N., 1985. Some Stratigraphical Remarks on the Upper Neogene Sequence of the Northern Adana Basin-Southern Turkey:VIII th Congress of the Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy. Budapest, pp:238.
- GREER, J.D., 1992. Remote Sensing and Natural Resource Management. Proceedings of the Fourth Forest Service Remote Sensing Applications Conference April 6-11. ASPRS Pp:456
- HAIPING, S., RANSOM, M.D. KANEMASU, E.T., 1989. Detecting soil information on a native prairie using Landsat TM and Spot satellite data. Soil Sci. Soc. Am. J.,53:1479-1483.

- _____.KANEMASU, E.T., RANSOM, M.D., YANG, S., 1990. Separability of Soils in A Tall Grass Prairie Using Spot and DEM Data. Remote Sensing Env. 33: 157-163
- HARMANCI, Ö., 2007. Yılmaz K.T., Tarımsal Kullanıma Açılmış Orman Alanlarının Restorasyonunda Ekolojik Yaklaşım/Çatalan Örneği. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 20(2), 100-109
- HAYKIN, S. 1994. Neural Networks, A Comprehensive Foundation. New Jersey: Prentice-Hall; 1994. Pp: 694.
- HEPNER, G. F., LOGAN, T., RITTER, N., BRAYANT, N., 1990. Artificial neural network classification using a minimal training set: comparison to conventional supervised classification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 469-473.
- HOWALD, K. J., 1989. Neural network image classification. Proceedings of the ASPRS-ACSM Fall Convention (Falls Church, VA: ASPRS), pp: 207-215.
- JAMES, C. B., ROBERT L. C., MATTHEW W. H., 1992. Calibration and validation of soil- landscape model for predicting soil drainage class. Soil Sci. Soc. Am. J.,56:1860-1866
- Ji, C.Y., 2000. Land-Use Classification of Remotely Sensed Data Using Kohonen Self-organizing Feature Map Neural Networks. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 66(12): pp. 1451-1460.
- KANELLOPOULOS I ., VARFIS, A., WILKINSON, G.G., MEGIER, J.,, 1992. Land cover discrimination in SPOT HRV imagery using an artificial neural network: a 20 class experiment. International Journal of Remote Sensing, vol. 13(5): 917-924.
- KLİNGEBİEL, A. A., HORVARTH, H., D. MOORE, G. W., REYBOLD, U. , 1987. Use of Slope, Aspect, and Elevation Maps Derived From Digital Elevation Model Data in Making Soil Surveys. Soil Science Society of America, Soil Survey Techniques, SSSA Special Publication, 20: 77-98.

- KIRSCHENER F.R., KAMINSKY, S.A., WEISMILLER , R.A., SINCLAR, H.R., HINZEL, E. J. 1978. Map unit composition assessment using drainage classes defined by Landsat data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:768-771.
- LAURINI, R., 1992. Thompson, D., *Fundamentals of Spatial Information Systems*. Academic Press. Pp: 680
- LEE, K., LEE, G. B., TYLER, E. J., 1988a. Thematic mapper and digital elevation modeling of soil characteristics in hilly terrain. *Soil Science Society of America Journal*. 52, 1104-1107.
- _____, S., LEE, G.B. TYLER, E.J., 1988b. Determination of soil characteristics from thematic mapper data of a cropped organic- inorganic soil landscape. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1100-1104.
- LEWIS, D. T. PAUL M. S., JAMES V. D. 1975. Use of satellite imagery to delineate soil associations in the Sand Hills Region of Nebraska. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 39:330-335.
- LILLESAND, T.M., Kiefer, R.W., 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons Inc. New York. Pp:612
- LIU, T.L, JUAN, K.W., LEE, D.Y., 2006. Interpolating Soil Properties Using Kriging Combined with Categorical Information of Soil Maps. *Soil Science Society of America Journal*, Pp: 1200-1209.
- _____, ZHU, A.X., 2009. Mapping with Words: A New Approach to Automated Digital Soil Survey, *Journal of Intelligent Systems*, 24: 293–311.
- MASSER, I., Blakemore, M., 1991. *Handling Geographical Information. Methodology and Potential Applications*. Longman Scientific and Technical. London Pp: 317.
- McCLELLAND, G. E., DEWITT, R. N., HEMMER, T. H., MATHESON, L. N., MOE, G. O., 1989. Multispectral image-processing with three-layer back-propagation network. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 1 (New York: I.E.E.E.), pp:151-153.
- MORA-VALLEJO, A., CLAESSENS, L., STOORVOGEL, J., HEUVELINK, G.B.M., 2008. Small Scale Digital Soil Mapping in Southeastern Kenya, *ScienceDirect, Catena*, 76:44-53.

- NASH, M.H., DAUGHERTY, L.A., GUTJAHER, A., WIERENGA, P.J., NANCE, S.A., 1988. Horizontal and vertical Kriging of Soil properties along a transect in southern New Mexico. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 5: 1086-1090.
- NORMAN, L., WISSLER, C., GUERTIN, D.P., GRAY, F., 2002. Digital Soils Survey Map of the Patagonia Mountains, Arizona, Open-File Report - US Geological Survey (02-324) Reston: US Department of the Interior, US Geological Survey, pp: 24.
- OVALLES, F.A., COLLINS, M.E. , 1988. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1430-1435.
- QI, F., ZHU, A., HARROWER, M., BURT, J.E., 2006. Fuzzy Soil Mapping Based on Prototype Category Theory, *ScienceDirect, Geoderma*, Volume: 136, Issues: 3-4, 774-787.
- RAHMAN S., MUNN, L.C., VANCE, G.F., ARNESON, C., 1997. Wyoming Rocky Mountain forest soils: mapping using an ARC/INFO geographic information system. *Soil Sci Soc. Am. J.*, 61:1730-1737.
- RICHARDSON, J.L., BIGLER, R.J., 1984. Principal component analysis of prairie pothole Soils in North Dakota. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1350-1355.
- SARMENTO, E.C., FLORES, C.A., WEBER, E., HASENACK, H., PÖTTER, R.O., 2008. Use of a Geographic Information System for a Detailed Soil Survey of The Vale Dos Vinhados, Rs, Brazil, *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2795-2803.
- SARI, M., 1987. Landsat-4 Uydusu Sayısal Verileri Yardımıyla Detaylı Temel Toprak Haritalarının Oluşturulması Üzerine Araştırmalar, (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- SARIOĞLU, Ş., BEŞDOK, E., ERLER, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I: Yapay Sinir Ağları, *Ufuk Yayıncılık, Kayseri*, 423s.
- ŞENOL, S., 1989. Adana-Balcalı/Çatalan Bölgesi Geç Tersiyer-Kuaterner İstifinin Lito-Pedolojik ve Sedimentolojik İncelenmesi. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- _____, TEKEŞ, Y., 1995. Arazi Değerlendirme ve Arazi Kullanım Planlaması Amacıyla Geliştirilmiş Bir Bilgisayar Modeli. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Cilt I Yayın No. 7-1995. Ankara,

- _____, 2006. Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu Sahipsiz Kalmasın. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayın Organı. Tarım ve Mühendislik, 76-77, 70-73.
- _____, DİNGİL, M., ÖZTEKİN, E., KAPUR, S., DERİCİ, R., SOLMAZ, M.İ., DİNÇ, A.O., GÜLÜT, K., AKÇA, E., KANBER, A., TERLİ, H., 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Eğimli Arazilerin Haritalanmasında Arazi Çalışmalarını ve Etüdün Süresini Azaltacak Yeni Bir Detaylı Toprak Etüd ve Haritalama Yönteminin Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, TUBİTAK Proje No: 106O112. Adana, Pp:209.
- SMITH, M.P., ZHUI A-X, BURT, J.E., STILES, C., 2006. The Effects of DEM Resolution and Neighborhood Size on Digital Soil Survey, Elsevier, ScienceDirect, Geoderma, 137: 58–69,
- SING, A.N., DWIVEDI, R.S., 1986. The Utility of Landsat Imagery As An Integral Part of Data Base for Small Scale Soil Mapping. Int. Remote Sensing, 9:1099-1108.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF., 1975. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 436, Washington DC Pp:754
- _____, 1993. Soil Survey Manual. USDA Handbook 18, US Gov. Print. Washington DC., Pp: 437
- _____, 1999. Soil Taxonomy. USDA Handbook 436, US Gov. Print. Washington DC., Pp: 869
- _____, 2003. Keys to Soil Taxonomy. USDA Natural Resources Conservation Service, Ninth Edition. Pp: 332
- THOMPSON, D.R., HAAS, R.H., Milford, M.H., 1981. Evaluation of Landsat multispectral scanner data for mapping vegetated soil landscapes. Soil Sci. Soc. Am. J., 45:91-95.
- _____, D.R., PITTS., D.E., HENDERSON, K.E ., 1983. Simulation of Landsat multispectral scanner response of soil using laboratory reflectance measurements. Soil Sci. Soc. Am. J., 47: 542-546.

- THOMPSON, D.R., HENDERSON, K.E., 1984. Detecting soils under cultural vegetation using digital landsat thematic mapper data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1316-1319.
- _____, HENDERSON, K.E., HUSTON, A.G., PITTS, D.E., 1984. Variation in alluvial- derived soil as measured by landsat thematic mapper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:137-142.
- TOMISLAV, H., DAVID, G.R., 2003. Supervised Landform Classification to Enhance and Replace Photo-Interpretation in Semi-Detailed Soil Survey, *Soil Science Society of America Journal*, 67(6): 1810-1822.
- TRAVAGLIA, C., MILENOVA, L., NEDKOV, R., VASILLEV, V., MILENOV, P., RADKOV, R., PIRONKOVA, Z., 2001. Preparation of Land Cover Database of Bulgaria Through Remote Sensing and GIS Environment and Natural Resources Working Paper No. 6, 57 FAO, Rome. Pp: 57
- WEBER, E., HASENACK, C.A., FLORES, R.O., PÖTTER, FASOLO, P.J., 2008. GIS as a Support to Soil Mapping in Southern Brazil, (Hartemink, A.E. Editör), *Digital Soil Mapping with Limited Data*, Springer Science+Business Media B.V. Pp. 103-113
- WANG, G., GERTNER, G., ANDERSON, A.B., 2006. Sampling and Mapping a Soil Erosion Cover Factor by Integrating Stratification, Model Updating and Cokriging with Images. *Environmental Management Springer*, 39, 1, 84-97.
- YASTIKLI, N., JACOBSEN, K., 2003. Automatic Digital Elevation Model Generation, Problems And Restrictions In Urban Areas, *YTÜ dergisi*, sayı:2003-2, sayfa:38-46
- ZHU, A., LAWRENCE B., ROBERT V., BARRY D., 1997. Derivation of soil properties using a soil land inference Model (SOLIM), *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:523-533.
- _____, 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

Mehmet İsmail SOLMAZ Elazığ'a bağlı Üçlerköyü'nde 1973 yılında doğdu. İlköğretimini İstanbul'da tamamladı. Yine İstanbul'da başladığı orta öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 1991 yılında başladığı Fırat Üniversitesi Tek. Prog. M.Y.O. Bilgisayar Programcılığı bölümünü 1993 yılında birincilikle bitirerek eğitimine Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Öğretmenliği Bölümünde devam etti. 1999 Yılında Adana Yüreğir Halk eğitim Merkezinde Teknik Öğretmen olarak göreve başladı. 2000 yılında Çukurova Üniversitesi Adana Meslek Yüksek Okulu Bilgisayar Programcılığı Programında öğretim görevlisi olarak atandı. 2001 yılında başladığı Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim dalındaki yüksek lisans eğitimini 2004 yılında bitirdi. 2004 Yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora programına başladı. Halen Ç.Ü. Adana M.Y.O'da öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

EKLER

SONDA YAZILIMI

Form1.CS - Kodlar

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace sonda
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();

            private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
            {
                // TODO: This line of code loads data into the 'sondaDataSet.veriler' table.
                You can move, or remove it, as needed.
                this.sondaDataSet.EnforceConstraints = false;
                this.verilerTableAdapter.Fill(this.sondaDataSet.veriler);
                TarihTxt.Text = System.DateTime.Now.ToString();
            }

            private void menuItem3_Click(object sender, EventArgs e)
            {
                TarihTxt.Text = System.DateTime.Now.ToString();
                verilerTableAdapter.Insert(TarihTxt.Text.ToString(),
                CalismaAdiCmb.Text.ToString(), PaftaNoTxt.Text.ToString(),
                SondaNoTxt.Text.ToString(), ZoneTxt.Text.ToString(), DoguTxt.Text.ToString(),
                KuzeyTxt.Text.ToString(), UstTopTeksCmb.Text.ToString(),
                EgimCmb.Text.ToString(), DerinlikCmb.Text.ToString(),
                TaslilikCmb.Text.ToString(),
                KayalilikCmb.Text.ToString(),DrenajCmb.Text.ToString(),TuzlulukCmb.Text.ToStr
                ing(),ToprakSerisiCmb.Text.ToString(),HaritaSemboluTxt.Text.ToString());
                MessageBox.Show("Veriler Kaydedildi");
            }

            private void menuItem2_Click(object sender, EventArgs e)
            {
                verilerBindingSource.AddNew();
            }
        }
    }
}
```

```

        TarihTxt.Text = System.DateTime.Now.ToString();
    }

    private void menuItem4_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.sondaDataSet.EnforceConstraints = false;
        this.verilerTableAdapter.FillByS(this.sondaDataSet.veriler ,
        PaftaNoTxt.Text.ToString(), SondaNoTxt.Text.ToString());
        // this.verilerTableAdapter.FillBy(this.sondaDataSet.veriler);
        //this.verilerTableAdapter.FillBy1(this.sondaDataSet.veriler);
        //this.verilerTableAdapter.Fill(this.sondaDataSet.veriler);
        //this.sondaDataSet.EnforceConstraints = true;
    }

}
}

```

Form1.Designer - Arayüz

```

namespace sonda
{
    partial class Form1
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;
        private System.Windows.Forms.MainMenu mainMenu1;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
        otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Windows Form Designer generated code

```

```

/// <summary>
/// Required method for Designer support - do not modify
/// the contents of this method with the code editor.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    this.components = new System.ComponentModel.Container();
    this.mainMenu1 = new System.Windows.Forms.MainMenu();
    this.menuItem1 = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.menuItem2 = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.menuItem3 = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.menuItem4 = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.tabControl1 = new System.Windows.Forms.TabControl();
    this.tabPage1 = new System.Windows.Forms.TabPage();
    this.label7 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.verilerBindingSource = new
System.Windows.Forms.BindingSource(this.components);
    this.CalismaAdiCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
    this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.KuzeyTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.DoguTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.ZoneTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.SondaNoTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.PaftaNoTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.TarihTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.tabPage2 = new System.Windows.Forms.TabPage();
    this.label12 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label11 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label10 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label9 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label8 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.KayalikCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
    this.TaslikCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
    this.DerinlikCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
    this.EgimCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
    this.UstTopTeksCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
    this.tabPage3 = new System.Windows.Forms.TabPage();
    this.label16 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label15 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label14 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.Label13 = new System.Windows.Forms.Label();
}

```

```

        this.HaritaSemboluTxt = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.ToprakSerisiCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
        this.TuzlulukCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
        this.DrenajCmb = new System.Windows.Forms.ComboBox();
        this.sondaDataSet = new sonda.sondaDataSet();
        this.verilerTableAdapter = new
sonda.sondaDataSetTableAdapters.verilerTableAdapter();
        this.tabControl1.SuspendLayout();
        this.tabPage1.SuspendLayout();
        this.tabPage2.SuspendLayout();
        this.tabPage3.SuspendLayout();
        this.SuspendLayout();
        //
        // mainMenu1
        //
        this.mainMenu1.MenuItems.Add(this.menuItem1);
        //
        // menuItem1
        //
        this.menuItem1.MenuItems.Add(this.menuItem2);
        this.menuItem1.MenuItems.Add(this.menuItem3);
        this.menuItem1.MenuItems.Add(this.menuItem4);
        this.menuItem1.Text = "Dosya";
        //
        // menuItem2
        //
        this.menuItem2.Text = "Yeni";
        this.menuItem2.Click += new System.EventHandler(this.menuItem2_Click);
        //
        // menuItem3
        //
        this.menuItem3.Text = "Kaydet";
        this.menuItem3.Click += new System.EventHandler(this.menuItem3_Click);
        //
        // menuItem4
        //
        this.menuItem4.Text = "Bul";
        this.menuItem4.Click += new System.EventHandler(this.menuItem4_Click);
        //
        // tabControl1
        //
        this.tabControl1.Controls.Add(this.tabPage1);
        this.tabControl1.Controls.Add(this.tabPage2);
        this.tabControl1.Controls.Add(this.tabPage3);
        this.tabControl1.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
        this.tabControl1.Name = "tabControl1";

```

```

this.tabControl1.SelectedIndex = 0;
this.tabControl1.Size = new System.Drawing.Size(240, 188);
this.tabControl1.TabIndex = 0;
//
// tabPage1
//
this.tabPage1.BackColor = System.Drawing.Color.LightSteelBlue;
this.tabPage1.Controls.Add(this.label7);
this.tabPage1.Controls.Add(this.CalismaAdiCmb);
this.tabPage1.Controls.Add(this.label6);
this.tabPage1.Controls.Add(this.label5);
this.tabPage1.Controls.Add(this.label4);
this.tabPage1.Controls.Add(this.label3);
this.tabPage1.Controls.Add(this.label2);
this.tabPage1.Controls.Add(this.label1);
this.tabPage1.Controls.Add(this.KuzeyTxt);
this.tabPage1.Controls.Add(this.DoguTxt);
this.tabPage1.Controls.Add(this.ZoneTxt);
this.tabPage1.Controls.Add(this.SondaNoTxt);
this.tabPage1.Controls.Add(this.PaftaNoTxt);
this.tabPage1.Controls.Add(this.TarihTxt);
this.tabPage1.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
this.tabPage1.Name = "tabPage1";
this.tabPage1.Size = new System.Drawing.Size(240, 165);
this.tabPage1.Text = "A";
//
// label7
//
this.label7.Location = new System.Drawing.Point(7, 33);
this.label7.Name = "label7";
this.label7.Size = new System.Drawing.Size(81, 19);
this.label7.Text = "Çalışma Adı";
//
// verilerBindingSource
//
this.verilerBindingSource.DataMember = "veriler";
this.verilerBindingSource.DataSource = this.sondaDataSet;
//
// CalismaAdiCmb
//
this.CalismaAdiCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "calismaAdi",
true));
this.CalismaAdiCmb.Items.Add("");
this.CalismaAdiCmb.Items.Add("Kuzay Adana");
this.CalismaAdiCmb.Location = new System.Drawing.Point(99, 33);

```

```

this.CalismaAdiCmb.Name = "CalismaAdiCmb";
this.CalismaAdiCmb.Size = new System.Drawing.Size(105, 22);
this.CalismaAdiCmb.TabIndex = 16;
//
// label6
//
this.label6.Location = new System.Drawing.Point(218, 142);
this.label6.Name = "label6";
this.label6.Size = new System.Drawing.Size(19, 18);
this.label6.Text = "K";
//
// label5
//
this.label5.Location = new System.Drawing.Point(131, 142);
this.label5.Name = "label5";
this.label5.Size = new System.Drawing.Size(17, 18);
this.label5.Text = "D";
//
// label4
//
this.label4.Location = new System.Drawing.Point(98, 117);
this.label4.Name = "label4";
this.label4.Size = new System.Drawing.Size(60, 19);
this.label4.Text = "Konum";
//
// label3
//
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(7, 88);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(60, 19);
this.label3.Text = "Sonda No";
//
// label2
//
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(7, 61);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(85, 19);
this.label2.Text = "Pafta/Foto No";
//
// label1
//
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(7, 9);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(41, 19);
this.label1.Text = "Tarih";
//

```

```

        // KuzeyTxt
        //
        this.KuzeyTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "kuzey", true));
        this.KuzeyTxt.Location = new System.Drawing.Point(153, 139);
        this.KuzeyTxt.Name = "KuzeyTxt";
        this.KuzeyTxt.Size = new System.Drawing.Size(62, 21);
        this.KuzeyTxt.TabIndex = 5;
        //
        // DoguTxt
        //
        this.DoguTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "dogu", true));
        this.DoguTxt.Location = new System.Drawing.Point(57, 139);
        this.DoguTxt.Name = "DoguTxt";
        this.DoguTxt.Size = new System.Drawing.Size(68, 21);
        this.DoguTxt.TabIndex = 4;
        //
        // ZoneTxt
        //
        this.ZoneTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "zone", true));
        this.ZoneTxt.Location = new System.Drawing.Point(11, 139);
        this.ZoneTxt.Name = "ZoneTxt";
        this.ZoneTxt.Size = new System.Drawing.Size(40, 21);
        this.ZoneTxt.TabIndex = 3;
        this.ZoneTxt.Text = "36";
        //
        // SondaNoTxt
        //
        this.SondaNoTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "sondaNo",
true));
        this.SondaNoTxt.Location = new System.Drawing.Point(98, 86);
        this.SondaNoTxt.Name = "SondaNoTxt";
        this.SondaNoTxt.Size = new System.Drawing.Size(107, 21);
        this.SondaNoTxt.TabIndex = 2;
        //
        // PaftaNoTxt
        //
        this.PaftaNoTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "paftaNo",
true));
        this.PaftaNoTxt.Location = new System.Drawing.Point(98, 59);
        this.PaftaNoTxt.Name = "PaftaNoTxt";
        this.PaftaNoTxt.Size = new System.Drawing.Size(107, 21);

```

```

this.PaftaNoTxt.TabIndex = 1;
//
// TarihTxt
//
this.TarihTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "tarih", true));
this.TarihTxt.Location = new System.Drawing.Point(98, 7);
this.TarihTxt.Name = "TarihTxt";
this.TarihTxt.Size = new System.Drawing.Size(107, 21);
this.TarihTxt.TabIndex = 0;
//
// tabPage2
//
this.tabPage2.BackColor = System.Drawing.Color.PeachPuff;
this.tabPage2.Controls.Add(this.label12);
this.tabPage2.Controls.Add(this.label11);
this.tabPage2.Controls.Add(this.label10);
this.tabPage2.Controls.Add(this.label9);
this.tabPage2.Controls.Add(this.label8);
this.tabPage2.Controls.Add(this.KayalilikCmb);
this.tabPage2.Controls.Add(this.TaslilikCmb);
this.tabPage2.Controls.Add(this.DerinlikCmb);
this.tabPage2.Controls.Add(this.EgimCmb);
this.tabPage2.Controls.Add(this.UstTopTeksCmb);
this.tabPage2.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
this.tabPage2.Name = "tabPage2";
this.tabPage2.Size = new System.Drawing.Size(240, 165);
this.tabPage2.Text = "B";
//
// label12
//
this.label12.Location = new System.Drawing.Point(7, 134);
this.label12.Name = "label12";
this.label12.Size = new System.Drawing.Size(84, 15);
this.label12.Text = "Kayalılık";
//
// label11
//
this.label11.Location = new System.Drawing.Point(7, 106);
this.label11.Name = "label11";
this.label11.Size = new System.Drawing.Size(84, 15);
this.label11.Text = "Taşlılık";
//
// label10
//
this.label10.Location = new System.Drawing.Point(7, 78);

```

```

this.label10.Name = "label10";
this.label10.Size = new System.Drawing.Size(84, 15);
this.label10.Text = "Derinlik Cm.";
//
// label9
//
this.label9.Location = new System.Drawing.Point(7, 50);
this.label9.Name = "label9";
this.label9.Size = new System.Drawing.Size(84, 15);
this.label9.Text = "Eğim %";
//
// label8
//
this.label8.Location = new System.Drawing.Point(7, 22);
this.label8.Name = "label8";
this.label8.Size = new System.Drawing.Size(84, 15);
this.label8.Text = "Üst Top. Tek.";
//
// KayalilikCmb
//
this.KayalilikCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "kayalilik",
true));
this.KayalilikCmb.Items.Add("Yok");
this.KayalilikCmb.Items.Add("Az Kayali");
this.KayalilikCmb.Items.Add("Orta Kayali");
this.KayalilikCmb.Items.Add("Cok Kayali");
this.KayalilikCmb.Items.Add("");
this.KayalilikCmb.Location = new System.Drawing.Point(106, 127);
this.KayalilikCmb.Name = "KayalilikCmb";
this.KayalilikCmb.Size = new System.Drawing.Size(107, 22);
this.KayalilikCmb.TabIndex = 4;
//
// TaslilikCmb
//
this.TaslilikCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "taslilik", true));
this.TaslilikCmb.Items.Add("Tassiz");
this.TaslilikCmb.Items.Add("Az Tasli");
this.TaslilikCmb.Items.Add("Orta Tasli");
this.TaslilikCmb.Items.Add("Cok Tasli");
this.TaslilikCmb.Items.Add("");
this.TaslilikCmb.Location = new System.Drawing.Point(106, 99);
this.TaslilikCmb.Name = "TaslilikCmb";
this.TaslilikCmb.Size = new System.Drawing.Size(107, 22);
this.TaslilikCmb.TabIndex = 3;

```

```

//
// DerinlikCmb
//
this.DerinlikCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "derinlik",
true));
this.DerinlikCmb.Items.Add("120+");
this.DerinlikCmb.Items.Add("90-120");
this.DerinlikCmb.Items.Add("60-90");
this.DerinlikCmb.Items.Add("30-60");
this.DerinlikCmb.Items.Add("10-30");
this.DerinlikCmb.Items.Add("0-10");
this.DerinlikCmb.Items.Add("");
this.DerinlikCmb.Location = new System.Drawing.Point(106, 71);
this.DerinlikCmb.Name = "DerinlikCmb";
this.DerinlikCmb.Size = new System.Drawing.Size(107, 22);
this.DerinlikCmb.TabIndex = 2;
//
// EgimCmb
//
this.EgimCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "egim", true));
this.EgimCmb.Items.Add("0-2");
this.EgimCmb.Items.Add("2-6");
this.EgimCmb.Items.Add("6-12");
this.EgimCmb.Items.Add("12-20");
this.EgimCmb.Items.Add("20-35");
this.EgimCmb.Items.Add("35+");
this.EgimCmb.Items.Add("");
this.EgimCmb.Location = new System.Drawing.Point(106, 43);
this.EgimCmb.Name = "EgimCmb";
this.EgimCmb.Size = new System.Drawing.Size(107, 22);
this.EgimCmb.TabIndex = 1;
//
// UstTopTeksCmb
//
this.UstTopTeksCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "ustTopTeks",
true));
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("C");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("SC");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("SiC");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("SCL");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("CL");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("L");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("SiL");

```

```

this.UstTopTeksCmb.Items.Add("SL");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("LS");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("S");
this.UstTopTeksCmb.Items.Add("");
this.UstTopTeksCmb.Location = new System.Drawing.Point(106, 15);
this.UstTopTeksCmb.Name = "UstTopTeksCmb";
this.UstTopTeksCmb.Size = new System.Drawing.Size(107, 22);
this.UstTopTeksCmb.TabIndex = 0;
//
// tabPage3
//
this.tabPage3.BackColor = System.Drawing.Color.Honeydew;
this.tabPage3.Controls.Add(this.label16);
this.tabPage3.Controls.Add(this.label15);
this.tabPage3.Controls.Add(this.label14);
this.tabPage3.Controls.Add(this.Label13);
this.tabPage3.Controls.Add(this.HaritaSemboluTxt);
this.tabPage3.Controls.Add(this.ToprakSerisiCmb);
this.tabPage3.Controls.Add(this.TuzlulukCmb);
this.tabPage3.Controls.Add(this.DrenajCmb);
this.tabPage3.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
this.tabPage3.Name = "tabPage3";
this.tabPage3.Size = new System.Drawing.Size(240, 165);
this.tabPage3.Text = "C";
//
// label16
//
this.label16.Location = new System.Drawing.Point(7, 118);
this.label16.Name = "label16";
this.label16.Size = new System.Drawing.Size(83, 16);
this.label16.Text = "Harita Sembolu";
//
// label15
//
this.label15.Location = new System.Drawing.Point(7, 91);
this.label15.Name = "label15";
this.label15.Size = new System.Drawing.Size(83, 16);
this.label15.Text = "Toprak Serisi";
//
// label14
//
this.label14.Location = new System.Drawing.Point(7, 63);
this.label14.Name = "label14";
this.label14.Size = new System.Drawing.Size(59, 16);
this.label14.Text = "Tuzluluk";
//

```

```

// Label13
//
this.Label13.Location = new System.Drawing.Point(7, 35);
this.Label13.Name = "Label13";
this.Label13.Size = new System.Drawing.Size(59, 16);
this.Label13.Text = "Drenaj";
//
// HaritaSemboluTxt
//
this.HaritaSemboluTxt.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource,
"haritaSembolu", true));
this.HaritaSemboluTxt.Location = new System.Drawing.Point(97, 113);
this.HaritaSemboluTxt.Name = "HaritaSemboluTxt";
this.HaritaSemboluTxt.Size = new System.Drawing.Size(114, 21);
this.HaritaSemboluTxt.TabIndex = 3;
//
// ToprakSerisiCmb
//
this.ToprakSerisiCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "toprakSerisi",
true));
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("aflak");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("ak gedik");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("ayvali");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("azganli");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("carikli");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("catakan");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("cayli");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("cicekli");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("gokpinar");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("gokyar");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kabasakal");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kara omerli");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("karalar");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("karayusuflu");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("karga kekec");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kasoba");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kilbas");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kizil yar");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kocayer");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("kumlu");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("orcun");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("sambayadi");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("tahtali");
this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("tovu");

```

```

        this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("");
        this.ToprakSerisiCmb.Items.Add("");
        this.ToprakSerisiCmb.Location = new System.Drawing.Point(96, 85);
        this.ToprakSerisiCmb.Name = "ToprakSerisiCmb";
        this.ToprakSerisiCmb.Size = new System.Drawing.Size(115, 22);
        this.ToprakSerisiCmb.TabIndex = 2;
        //
        // TuzlulukCmb
        //
        this.TuzlulukCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "tuzluluk",
true));
        this.TuzlulukCmb.Items.Add("Tuzsuz");
        this.TuzlulukCmb.Items.Add("Hafif Tuzlu");
        this.TuzlulukCmb.Items.Add("Orta Tuzlu");
        this.TuzlulukCmb.Items.Add("Cok Tuzlu");
        this.TuzlulukCmb.Items.Add("");
        this.TuzlulukCmb.Location = new System.Drawing.Point(96, 57);
        this.TuzlulukCmb.Name = "TuzlulukCmb";
        this.TuzlulukCmb.Size = new System.Drawing.Size(115, 22);
        this.TuzlulukCmb.TabIndex = 1;
        //
        // DrenajCmb
        //
        this.DrenajCmb.DataBindings.Add(new
System.Windows.Forms.Binding("Text", this.verilerBindingSource, "drenaj", true));
        this.DrenajCmb.Items.Add("iyi");
        this.DrenajCmb.Items.Add("Yetersiz");
        this.DrenajCmb.Items.Add("Orta");
        this.DrenajCmb.Items.Add("Fena");
        this.DrenajCmb.Items.Add("Cok Fena");
        this.DrenajCmb.Items.Add("");
        this.DrenajCmb.Location = new System.Drawing.Point(96, 29);
        this.DrenajCmb.Name = "DrenajCmb";
        this.DrenajCmb.Size = new System.Drawing.Size(115, 22);
        this.DrenajCmb.TabIndex = 0;
        //
        // sondaDataSet
        //
        this.sondaDataSet.DataSetName = "sondaDataSet";
        this.sondaDataSet.Prefix = "";
        this.sondaDataSet.SchemaSerializationMode =
System.Data.SchemaSerializationMode.IncludeSchema;
        //
        // verilerTableAdapter
        //

```

```

        this.verilerTableAdapter.ClearBeforeFill = true;
        //
        // Form1
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(96F, 96F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Dpi;
        this.AutoScroll = true;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(240, 188);
        this.Controls.Add(this.tabControl1);
        this.KeyPreview = true;
        this.Menu = this.mainMenu1;
        this.Name = "Form1";
        this.Text = "Sonda v.0.1.2";
        this.Load += new System.EventHandler(this.Form1_Load);
        this.tabControl1.ResumeLayout(false);
        this.tabPage1.ResumeLayout(false);
        this.tabPage2.ResumeLayout(false);
        this.tabPage3.ResumeLayout(false);
        this.ResumeLayout(false);
    }

```

#endregion

```

private System.Windows.Forms.TabControl tabControl1;
private System.Windows.Forms.TabPage tabPage1;
private System.Windows.Forms.TabPage tabPage2;
private System.Windows.Forms.TabPage tabPage3;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItem1;
private System.Windows.Forms.TextBox SondaNoTxt;
private System.Windows.Forms.TextBox PaftaNoTxt;
private System.Windows.Forms.TextBox TarihTxt;
private System.Windows.Forms.Label label4;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.TextBox KuzeyTxt;
private System.Windows.Forms.TextBox DoguTxt;
private System.Windows.Forms.TextBox ZoneTxt;
private System.Windows.Forms.Label label6;
private System.Windows.Forms.Label label5;
private System.Windows.Forms.Label label7;
private System.Windows.Forms.ComboBox CalismaAdiCmb;
private System.Windows.Forms.ComboBox KayalilikCmb;
private System.Windows.Forms.ComboBox TaslilikCmb;
private System.Windows.Forms.ComboBox DerinlikCmb;

```

```

private System.Windows.Forms.ComboBox EgimCmb;
private System.Windows.Forms.ComboBox UstTopTeksCmb;
private System.Windows.Forms.Label label12;
private System.Windows.Forms.Label label11;
private System.Windows.Forms.Label label10;
private System.Windows.Forms.Label label9;
private System.Windows.Forms.Label label8;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItem2;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItem3;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItem4;
private System.Windows.Forms.ComboBox TuzlulukCmb;
private System.Windows.Forms.ComboBox DrenajCmb;
private System.Windows.Forms.Label label16;
private System.Windows.Forms.Label label15;
private System.Windows.Forms.Label label14;
private System.Windows.Forms.Label Label13;
private System.Windows.Forms.TextBox HaritaSemboluTxt;
private System.Windows.Forms.ComboBox ToprakSerisiCmb;
private sondaDataSet sondaDataSet;
private System.Windows.Forms.BindingSource verilerBindingSource;
private sonda.sondaDataSetTableAdapters.verilerTableAdapter
verilerTableAdapter;
    }
}

```