

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FİLYOS HAVZASINDAKİ SEDİMENT BİRİKİM ALANLARININ UYDU
GÖRÜNTÜ VERİLERİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ İLE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Filiz DEMİRCİ**

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

OCAK 2008

**FİLYOS HAVZASINDAKİ SEDİMENT BİRİKİM ALANLARININ UYDU
GÖRÜNTÜ VERİLERİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Filiz DEMİRCİ
(501051614)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2008

Tez Danışmanı : Yrd. Doç.Dr. Şinasi KAYA
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sedat KABDAŞLI (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Cem GAZİOĞLU (İ.Ü.)

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FİLYOS HAVZASINDAKİ SEDİMENT BİRİKİM ALANLARININ UYDU
GÖRÜNTÜ VERİLERİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Filiz DEMİRCİ

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Su insan yaşamı için vazgeçilmez ihtiyaçlardan biri olmuştur yaradılıştan bu yana. Son yıllarda ekolojik dengenin bozulmasıyla meydana gelen küresel ısınmayla birlikte doğal kaynakların yönetimi oldukça önem kazanmıştır bu doğrultuda su kaynaklarının yönetimindeki uygulamalar üzerinde çalışmalar da hız kazanmıştır. Su kaynaklarının doğru bir şekilde yönetilmesi şüphesiz canlı yaşamı için bir avantaj sağlar.

Tatlı su kaynaklarındaki düzensizliklerin sonucunda meydana gelen taşkınların zararlarını önlemek için önceden tedbir almak gerekmektedir. Bu yüzden risk bölgeleri hakkında doğru bilgiye en kısa zamanda ulaşmak çalışmalara büyük avantaj sağlar. Bu kapsamda uzaktan algılama verilerinin kullanımı oldukça önemli bir hale gelmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde çalışma bölgesi olan Filyos Havzasının genel özellikleri ve havzada meydana gelen ve nehir formunu düzensizleştiren sediment hakkında genel bilgi verilmiştir. Sonraki bölümlerde kullanılan veriler ve yöntemden kısaca bahsedilip uygulama üzerinde gösterilmiştir. Son bölümde çalışmanın sonuç ve önerileri belirtilmiştir.

Bu çalışmanın danışmanlığını üstlenen ve bana yol gösterip yardımlarını esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA' ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca maddi manevi her türlü destekleri için aileme ve iş arkadaşlarıma da teşekkürü borç bilirim.

Ocak 2008

Filiz DEMİRCİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİ	3
2.1. Çalışma Alanı: Filyos Havzası	5
2.1.1. Bölgenin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi	7
2.1.1.1. Hipsometrik Eğri	8
2.1.2. Bölgenin İklim Özellikleri	10
2.1.3. Bölgenin Toprak Özellikleri	11
2.1.4. Filyos Çayı'nın Hidrografik Özellikleri	12
2.1.5. Doğal Bitki Örtüsü	14
2.1.6. Bölge Ekonomisi	15
2.2. Sediment Oluşumu ve Etkileri	16
2.2.1. Sediment Oluşumunun Nedenleri	16
2.2.1.1. Erozyon	16
2.2.2. Sediment Oluşumunun Etkileri	18
2.2.2.1. Menderesleşme	18
2.2.2.2. Taşkın ve Sel	20
2.2.2.3. Zehirli Kimyasallar	21
2.2.2.4. Navigasyon	21
2.2.2.5. Balıkçılık ve Habitat	21
2.2.2.6. Su Temini	22
2.2.2.7. Enerji Üretimi	22
2.3. Filyos Taşkını	22
3. YÖNTEM ve KULLANILAN VERİLER	24
3.1. Uzaktan Algılama (UA)	24
3.1.1. Uzaktan Algılama Bileşenleri	24
3.1.2. Görüntü Ön İşleme	25
3.1.2.1. Radyometrik Düzeltme	25
3.1.2.2. Geometrik Düzeltme (Rektifikasyon)	26

3.1.3. Sınıflandırma	28
3.1.3.1. Kontrollü Sınıflandırma	28
3.1.3.2. Kontrolsüz Sınıflandırma	29
3.1.3.3. Doğruluk Değerlendirmesi	30
3.2. Sayısal Arazi Modeli	31
3.2.1. SAM Üretimi	32
3.2.1.1. Yersel Tekniklerle SAM Üretimi	32
3.2.1.2. Fotogrametri Tekniğiyle SAM Üretimi	33
3.2.1.3. Uzaktan Algılama Tekniğiyle SAM Üretimi	34
3.2.2. SAM Kullanım Alanları	35
3.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	37
3.3.1. Bilgi Sistemi Nedir?	37
3.3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi	37
3.3.3. CBS ve Diğer Bilgi Sistemleri	38
3.3.4. CBS Nasıl Çalışır?	39
3.4 Kullanılan Veriler	41
3.4.1. Yazılım	41
3.4.2. Grafik Veri	41
3.4.2.1. Uydu Görüntüleri	41
3.4.2.2. Haritalar	43
4. UYGULAMA	45
4.1. Görüntülerin Geometrik Düzeltilmesi	46
4.2. Görüntülerin Mozaiklenmesi	47
4.3. Görüntülerin Sınıflandırılması	48
4.4. Sınıflandırma Doğruluk Analizi	50
4.5. Sayısal Arazi Modeli Üretme	51
4.6. 3B Model Oluşturma	53
4.7. Sediment Birikim Alanlarının Sayısallaştırılması	54
4.8. Kesitlerin Alınması	56
4.8.1. Spektral Profiller	56
4.8.2. Fiziksel Profiller	61
4.9 Menderesleşmenin İncelenmesi	62
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	73

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
UA	: Uzaktan Algılama
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
GPS	: Global Positioning System
ISODATA	: Iterative Self Organizing Data Analyses Technique
SAR	: Synthetic Aperture Radar
RADAR	: Radio Detection and Ranging
LİDAR	: Light Detection and Ranging
UTM	: Universal Transfer Merkator
ED-50	: European Datum 1950

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Filyos Çayı'nın Akım Değerleri ve Sediment Miktarları	14
Tablo.2.2 Türkiye'deki Doğal Afetler İçinde Sel ve Taşkın Olaylarının Yeri.....	20
Tablo 4.1 Sınıflandırma hata matrisi	49
Tablo 4.2 Sınıflandırma doğruluk yüzdeleri	49
Tablo 4.3 Menderesleşme Katsayısı.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Filyos Çayı	4
Şekil 2.2 : Filyos Çayı	4
Şekil 2.3 : Çalışma Alanı	5
Şekil 2.4 : Çalışma Alanının Landsat Uydusundan Görünümü.....	6
Şekil 2.5 : Çalışma Alanının Spot Uydusundan Görünümü	6
Şekil 2.6 : Hipsometrik Eğri	9
Şekil 2.7 : Bölgenin Basitleştirilmiş Jeoloji Haritası	9
Şekil 2.8 : Çalışma Alanının Jeoloji Haritası.....	10
Şekil 2.9 : Filyos Havzası Eş Yağış Eğrileri.....	11
Şekil 2.10 : Filyos Havzası Toprak Haritası	12
Şekil 2.11 : Filyos Çayının Ülkemizdeki Tatlı Su Kaynakları Arasındaki Yeri	12
Şekil 2.12 : Filyos Havzası Drenaj Ağı Haritası.....	13
Şekil 2.13 : Filyos Çayının Yıllara Göre Akım Değerleri	14
Şekil 2.14 : Filyos Çayı Çevresinin Doğal Bitki Örtüsü	15
Şekil 2.15 : Alaska'daki William Nehrindeki Menderesleşme	19
Şekil 2.16 : Riberalta'da Bir Nehrin Menderesleşmesi	19
Şekil 2.17 : 1998 Filyos Taşkınından Görüntüler.....	23
Şekil 3.1 : UA Bileşenleri	24
Şekil 3.2 : (I) Algılayıcı Kaynaklı Hata, (2) Bulut Etkisi, (3) Sis Etkisi	26
Şekil 3.3 : Yeniden Örnekleme.....	27
Şekil 3.4 : (I) Filyos Orijinal Spot Görüntüsü, (2) Geometrik Olarak Düzeltilmiş Spot Görüntüsü	27
Şekil 3.5 : Kontrollü Sınıflandırma	28
Şekil 3.6 : Kontrolsüz Sınıflandırma	30
Şekil 3.7 : Sayısal Arazi Modeli	31
Şekil 3.8 : Topoğrafik Haritalardan Üretilen Filyos Çayı'nın SAM	32
Şekil 3.9 : Fotoğrametri Tekniğiyle Üretilmiş İstanbul İlinin SAM	33
Şekil 3.10 : UA Tekniğiyle Üretilmiş Zonguldak İlinin SAM	34
Şekil 3.11 : SAM	35
Şekil 3.12 : Basit Anlamada CBS	37

Şekil 3.13	: Konumsal Veri İşleme Teknikleri ve CBS Arasındaki İlişki.....	38
Şekil 3.14	: CBS Katmanları	39
Şekil 3.15	: Vektör ve Grafik veriler	39
Şekil 3.16	: CBS Verileri Örneği.....	40
Şekil 3.17	: SPOT XS Uydu Görüntüsü	41
Şekil 3.18	: IKONOS Uydu Görüntüsü	41
Şekil 3.19	: Taranmış 1/25000 Ölçekli Topoğrafik Harita.....	43
Şekil 4.1	: İş Akış Diyagramı	44
Şekil 4.2	: Geometrik Düzeltme Prosedürü	45
Şekil 4.3	: a-Geometrik Düzeltilmemiş Görüntü b-Geometrik Düzeltilmiş Görüntü	46
Şekil 4.4	: Mozaikleme Prosedürü.....	47
Şekil 4.5	: Mozaiklenmiş Görüntü.....	47
Şekil 4.6	: Sınıflandırma Sonucu Oluşturulan Arazi Kullanım Haritası	48
Şekil 4.7	: Çalışma Alanının Sayısallaştırma Sonucu Yükseklik Eğrileri	50
Şekil 4.8	: Çalışma Alanına Ait SYM	51
Şekil 4.9	: SYM Tematik Gösterimi.....	51
Şekil 4.10	: Spot Görüntüsüyle Oluşturulan 3B Model.....	52
Şekil 4.11	: İkonos Görüntüsüyle Oluşturulan 3B Model	53
Şekil 4.12	: Sediment Birikim Alanları ve Nehrin 3B Modelle Entegrasyonu	54
Şekil 4.13	: Spot4 Üzerinden ve Haritadan Sayısallaştırılan Kum Alanları.....	55
Şekil 4.13	: Hisarönü'den İtibaren İlk 5 Kesit ve Yerleri.....	56
Şekil 4.14	: 1 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili	57
Şekil 4.15	: 2 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili	57
Şekil 4.16	: 3 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili	58
Şekil 4.17	: 7 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili	58
Şekil 4.18	: 8 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili	59
Şekil 4.19	: 6, 7, 8, 9 ve 10 Numaralı Kesitler ve Yerleri	59
Şekil 4.20	: Fiziksel Profiller	60
Şekil 4.21	: Menderesleşme Katsayısı İçin Uzunluklar	61
Şekil 4.22	: Nehrin Menderesleşmesi ve Sediment Alanları	62
Şekil 4.23	: Bölgeye Ait Eğim Haritası	62
Şekil 5.1	: Uydu Görüntüsü ve Vektör Verilerin Tematik Haritası.....	66
Şekil 5.2	: Sınıflandırılmış Görüntü ve Sediment Vektörünün Tematik Haritası .	67

FİLYOS HAVZASINDAKİ SEDİMENT BİRİKİM ALANLARININ UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ İLE ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Filyos havzasındaki sediment birikim alanlarının uydu görüntü verileri ve sayısal yükseklik modeli ile analizi hedeflenmiştir.

13 300 km² lik drenaj alanıyla, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesindeki bütün havzaların % 46 sını kapsayan Filyos Çayının kaynağı Ilgaz Dağlarından başlamakta ve Hisarönü bölgesinden de denize dökülmektedir. Bölgenin jeomorfolojik ve topoğrafik özelliklerinin sebep olduğu sediment birikim alanları nehir formunun düzensiz bir rejimde olmasına ve yatağının genişlemesine yol açmaktadır. Bölgede 1998 yılında önemli kayıplara sebep olan büyük taşkın felaketinin meydana geldiği bilinmektedir. Daha önce bu bölgede SPOT veya IKONOS gibi yüksek uzaysal çözünürlüklü uydu görüntüleriyle sediment analizi yapılmadığı da göz önünde bulundurularak; geniş alanlarda kısa sürede doğru sonuca ulaşmayı sağlayan uzaktan algılama verilerinin, ayrıca araziye gitmeksizin bölge topoğrafyası hakkında bilgi edinmeyi sağlayan sayısal arazi modelinin (SAM) uygulanabilirliği gösterilmiştir. Çalışma kapsamında 2007 yılına ait SPOT görüntüleri sınıflandırılarak ve topoğrafik haritalardan üretilen sayısal yükseklik modelleriyle entegre edilerek sediment alanları analiz edilmiştir. Sınıflandırma sonucunda ve uydu görüntülerinden sayısallaştırılarak kum birikim alanlarının miktarları ve nehir geometrisi çıkarılarak menderesleşme tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre nehirde biriken sediment alanlarının nehir rejiminin düzensizleştiği ve bunun sonucunda da taşkın riskinin arttığı yorumlanmıştır. Çalışma sonucu, uzaktan algılama tekniğinin ve sayısal arazi modellerinin su havzalarında biriken sedimentleri analizinde oldukça başarılı ve güvenilir olduğunu göstermektedir.

ANALYSIS OF SEDIMENT DEPOSITON AREAS USING A DIGITAL TERRAIN MODEL INTEGRATED WITH SATELLITE SENSOR DATA

SUMMARY

The aim of this study is to investigate the sediment deposition areas in the Filyos watershed that is located in the Western Black Sea Region of Turkey, by using a digital elevation model and satellite sensor data.

Filyos river which constitutes 46% percent of the western Black Sea region watershed of Turkey with 13,000 km² drainage areas, starts from Ilgaz Mountain and reaches the Black Sea in Hisarönü. The sediment deposition areas, caused by the geomorphologic and topographic properties of the watershed, affect the river form making it irregular, which leads to the enlargement of the river bed. According to the records, there was a vital flood disaster that caused major losses. So far, a similar study utilizing satellite images with high spectral resolution like SPOT and IKONOS has not been conducted in the region. This would make it possible to analyze the correct data for large areas in a short time, and the digital elevation model allows for the acquisition of data on the areas without exploration on the ground. Within the context of this study, the sediment accumulation areas are initially determined by classifying SPOT data of year 2007, then integrated with the digital terrain model that is acquired using topographic maps. The classification and digitizing of the sediment deposition areas from the spot data along with an analysis of the amount of sand accumulation and geometry of the river, the level of meandering is determined. This study indicates that sediment transportation and deposition along the riverbank make the river form irregular and as a result, the flood risk rises. The result of this study has proven that RS data and DTM are very useful and reliable in analyzing sediment deposition areas.

1. GİRİŞ

Uyduların yeryüzünü gözlemeye başladığı tarihten beri uzaktan algılamaya yer biliminde önemli rol oynamaktadır[1]. Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle uzaktan algılamadaki uygulamalar tamamen sayısal ortama taşınabilmektedir. Bu da verilerin değerlendirilmesindeki hata oranını ve çalışma süresini azaltmaktadır. Ayrıca yine uydu teknolojilerinin gelişmesiyle zamansal değişimin belirlenmesi de mümkün hale gelmiştir. Zamansal değişimlerin belirlenmesi demek, karar vericilere; incelenen alana ilişkin değişimin güvenilir, hızlı ve güncel bir şekilde sunulabilmesi anlamına gelmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki(CBS) ve Uzaktan Algılamadaki(UA) gelişmelere bağlı olarak Sayısal Arazi Modellerinin(SYM) çeşitli alanlar için oluşturulması ve kullanımı daha da kolaylaşmıştır[2]. Sayısal arazi modelleri arazi analizleri ve diğer 3 boyutlu uygulamalar için genel bir veri kaynağıdır. Havza alanı, alt havza alanları, su akış yönleri, drenaj ağları vb. havza karakteristikleri SAM' dan kolaylıkla elde edilebilmektedir.

Dünya üzerinde, bir çok bölgenin yükseklik verileri eşyükselti eğrili harita biçiminde bulunmaktadır. Eşyükselti eğrili haritalar ve düzensiz noktalarda bulunan yükseklik değerleri, bilgisayar ortamında sayısal dosyalara aktarılmakta, bu dosyalar düzenli grid noktalarına dönüştürülmektedir. Grid noktaları, tüm harita yüzeyini kapsayan kare biçiminde, buldukları koordinatın yükseklik bilgisini içeren yapılardır. Bu noktaların oluşturduğu harita grid haritası olarak ta adlandırılmaktadır. Sonuçta, sayısal arazi modeli olarak adlandırılan ve yüksekliklerin yatay ve düşey yönde eşit aralıklı matris noktaları şeklinde elde edilebildiği bir model oluşturulmaktadır[3].

Sayısal arazi modelleri, su kaynakları ile ilgili çalışmalarda eğim ve yön (bakı) haritalarının, vadi tabanları ve sırtlarının, drenaj ağlarının ve drenaj ağlarının büyüklük, uzunluk, eğim gibi özelliklerinin, havza ve alt havza özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Elde edilen bu bilgilerin doğruluğu sayısal arazi

modelinin nitelik ve çözünürlüğüne bağlıdır ve hidrolojik modellemeler için sayısal arazi modeli seçiminde nitelik ve çözünürlük göz önünde bulundurulmalıdır. Nitelik, yükseklik verilerinin doğruluğunun, çözünürlük ise verilerin hassaslığının bir göstergesidir[4].

Nehir havzaları (nehrin kaynağı ile ağzı arasındaki bölüme su bırakan tüm alanı kapsayan arazi), sulak alan yönetimi ve su kaynakları açısından çok önemli coğrafi birimlerdir. Sulak alanların ve içinde yer aldıkları nehir yataklarının çok hızlı ve sürdürülebilir olmayan gelişimleri doğal hidrolojik döngünün zarar görmesine neden olur. Pek çok durumda, bu tür gelişimler, sellerin meydana gelmesine, kuraklığın ve kirliliğin artmasına yol açmaktadır[5].

Gelişen teknolojiyle birlikte nehir çevresindeki değişimler (fiziksel şekilleri, habitat vb) uzaktan algılama verileri kullanılarak başarılı bir şekilde tespit edilebilmektedir[6]. Nehir havzalarındaki zamansal değişimin belirlenmesi, mevcut ve geleceğe yönelik içme suyu potansiyelinin tespiti açısından oldukça önemlidir. En belirgin doğal akarsu değişimi, düşük eğim ve hızın azalmasına bağlı taşıma kapasitesinin düşmesiyle oluşan, sediment depolama alanlarının zamansal değişimidir[7]. Sediment hareketlerinin ve dağılımının gözlenmesinde geniş alanlarda uydu görüntülerinin kullanımı çalışmalara büyük hız kazandırmıştır[8].

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nin en önemli nehir havzası olan Filyos Havzası'nda, nehir yatağında oluşan, su kalitesini ve doğal dengeyi büyük ölçüde etkileyen sediment birikim alanlarının analizi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, nehir yatağının değişimiyle ve akarsuyun sürüklemesiyle oluşan sediment birikim alanlarının, uydu görüntüleri ve sayısal arazi modeli ile analizi yapılmıştır. Ayrıca sediment birikim alanlarını belirlemede, uydu görüntülerinde kullanılan yöntemin, spot görüntülerine uygulanabilirliği ve sediment birikim alanlarının haritalanabilirliği gösterilmiştir. Sonuç olarak, Uzaktan Algılama tekniğinin ve sayısal arazi modelinin sedimentlerin birikim bölgelerini göstermede önemli bir avantaja sahip olduğunu belirlenmiştir. Çalışmanın diğer bir avantajı ise, düşük maliyete tek bir günde, geniş bir alanın analizini yapma potansiyelini sağlamasıdır.

2. GENEL BİLGİ

2.1 Çalışma Alanı: Filyos Havzası

Filyos Nehri, 13 300 km²lik drenaj alanıyla, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesindeki bütün havzaların % 46 sını kapsamaktadır[7]. 40° 29' ve 41° 36' kuzey paralelleri ile 30° 14' ve 33° 42' doğu meridyenleri arasında bulunan havzaya adını veren Filyos Çayı, kaynaklarını Ilgaz Dağları'ndan alan Araç Çayı ile, Köroğlu Dağları'ndan alan Soğanlı çayının birleşmesiyle oluşmaktadır. Bu iki akarsuyun birleştiği bölgede Karabük ili kurulmuştur. Filyos Çayı, Karabük'ten itibaren ilk olarak doğu-batı doğrultusunda akarak, Gökçebey batısında, Devrek Çayı ile birleştikten sonra kuzeye yönelir ve Filyos (Hisarönü) bölgesinin doğusundan Karadeniz'e dökülür[9].

Filyos Nehri'nin toplam akış hızı 3213,910 hm³/yıl, verimliliği ortalama 102,237 m³/sn olmakla beraber mevsimlere göre ortalama debileri; ilkbaharda 135,470 m³/sn, yazda 31,070 m³/sn, sonbaharda 67,140 m³/sn ve kışta ise 127,370 m³/sn dir[10].



Şekil 2.1: Filyos Çayı [11]



Şekil 2.2: Filyos Çayı [11]



Şekil 2.3: Çalışma Alanı [12]



Şekil 2.4: Çalışma Alanının Landsat Uydusundan Görünümü



Şekil 2.5: Çalışma Alanının Spot Uydusundan Görünümü

2.1.1 Bölgenin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi

Filyos Çayı'nın Karabük ve Gökçebey arası yukarı Filyos Havzası, Gökçebey ve Hisarönü arası aşağı Filyos Havzası olarak adlandırılmaktadır. Bu bölümler içinde alüvyal ova ve vadi tabanları, alçak platolar ve tepelik alanlar, yüksek platolar ve dağlık alanlar olmak üzere üç jeomorfolojik özellik ayırt edilmektedir. Yukarı çığırında genel olarak ana kaya içine açtığı derin yarılmış vadisinde akan Filyos Çayı, bu vadinin genişlediği kesimlerde kollarının getirdiği malzemeden oluşan bir alüvyal tabana sahip olmaktadır. Yenice çevresi alüvyal tabana sahip bir bölge örneği teşkil etmektedir. Aşağı Filyos Havzasının en geniş yeri filiş, kumtaşı, marn, konglomera, tuf ve tüfitler ile lav ve aglomeraların ardalanmasından meydana gelen Eosenle kaplanmaktadır (MTA-Türkiye Jeoloji Haritası). Kayaçlardaki direnç farklılığı akarsuyun doğu kesimi ile batı kesimi arasında aşınım farklılıkları meydana getirmiştir[9]. Karabük - Yenice arasındaki bölümde Filyos hızla akarak bölge tabanını aşındırmaktadır. Nehrin özellikle hızlı aktığı yerlerde çarpaklar gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir. Nehir yatağı, genelde mil, kum ve çakıl boyutundaki akarsu çökellerinden oluşan güncel ve tutturulmamış malzeme olan alüvyondan oluşmaktadır[13]. Filyos nehir yatağında örgülü yatak çökelleri şeklindedir. Çakıl ve kumlar mercek şeklinde depolanma gösterir. Filyos nehri taşkın ovası yüzeyi 2-5 metre kalınlığında ince kum, silt ve mil dolgusu ile kaplıdır. Tabanında ise örgülü akarsu çökelleri bulunur. Delta alüvyonları ise ince kum, silt ve milden oluşmaktadır. Filyos nehri eski taşkın çökellerinde yapılan deneylerde likit limit: 42-56, plastik limit: 32-51, sıkışma indeksi: 0.337-0.503 aralıklarında, X-Ray analiz sonuçlarına göre kuvars, K-feldispat, smektit, klorit ve illit minerallerinin varlığı saptanmıştır[15].

Filyos vadisinde yamaç eğimleri kaya türünden çok etkilenmiş durumdadır. Karabük ile Balıkısık arasında yarma vadilerden geçtiği yerlerde özellikle metamorfik kayaların ve granitlerin oluşturduğu bölgelerde çok sarp olan yamaçlar oldukça duyarlıdır. Balıkısık ile Yenice batısında, Kayadibi arasındaki kesimde Apsiyen-Albiyen kilttaşları yaygın alanlar kapladığından vadi yamaçları heyelanlıdır[16].

Jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin bölgede meydana getirdiği en büyük sorun heyelandır. Sahada heyelandan etkilenen köylerden bazıları boşaltılmış bazıları da belli bölgelerde yapılaşma yasaklanmıştır. Eğimin fazla olduğu ve bitki örtüsünün

tahrip edildiği yerlerde, Eosen flişlerin yağışlı dönemlerde kayganlaşmasıyla heyelan olmaktadır. Ayrıca bölge Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre II. ve III. Derecede deprem kuşağında bulunmaktadır[9].

2.1.1.1 Hipsometrik Eğri

Hipsometrik eğri, değişik ölçekteki drenaj alanlarının (tek bir vadiden ülke ölçeğine kadar) yükseklik/alan dağılımını tanımlar [26]. Bu anlamda hipsometrik eğri, bir havza içinden geçen h yüksekliğine ait bir eşyükselti eğrisinin üzerinde kalan alanın, tüm drenaj havzasının alanına oranı (a/A , x) ve eşyükselti eğrisinin değeri ile havzanın en yüksek kotunun oranının (h/H , y) çakıştırılması ile elde edilir.

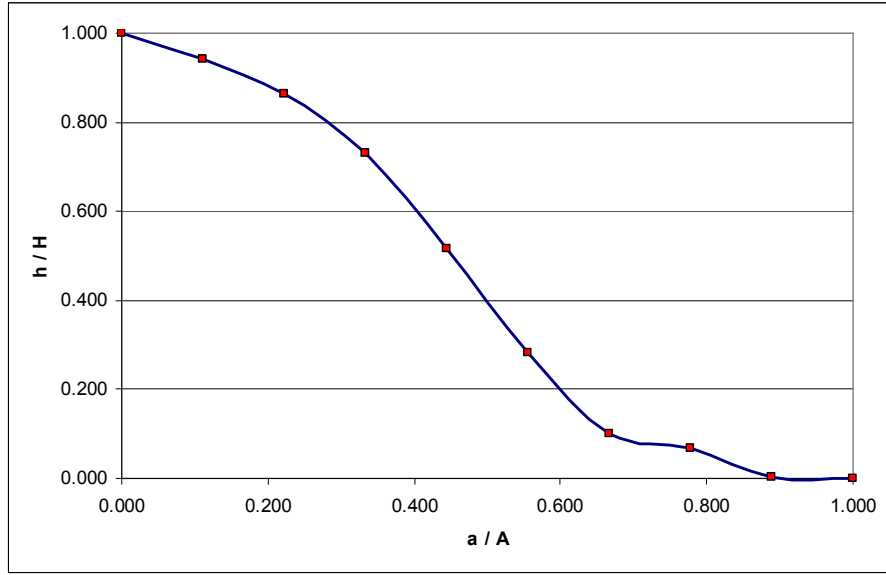
$$HI = (h_{ort} - h_{min}) / (h_{max} - h_{min})$$

Hipsometrik integral (HI) değeri ise grafikte bu eğrinin altında kalan alanı ifade eder ve havza yükseklik değişiminin ortalama değere göre konumunu belirler. Böylelikle HI değeri 1-0.5-0 aralığında genç-denge-olgun aşamalarını ifade eder. Benzer bir sınıflandırma ile hipsometrik eğrinin dışbükey- içbükey formunun değişimi de benzer bir yorum üretmeyi olanaklı kılar[47].

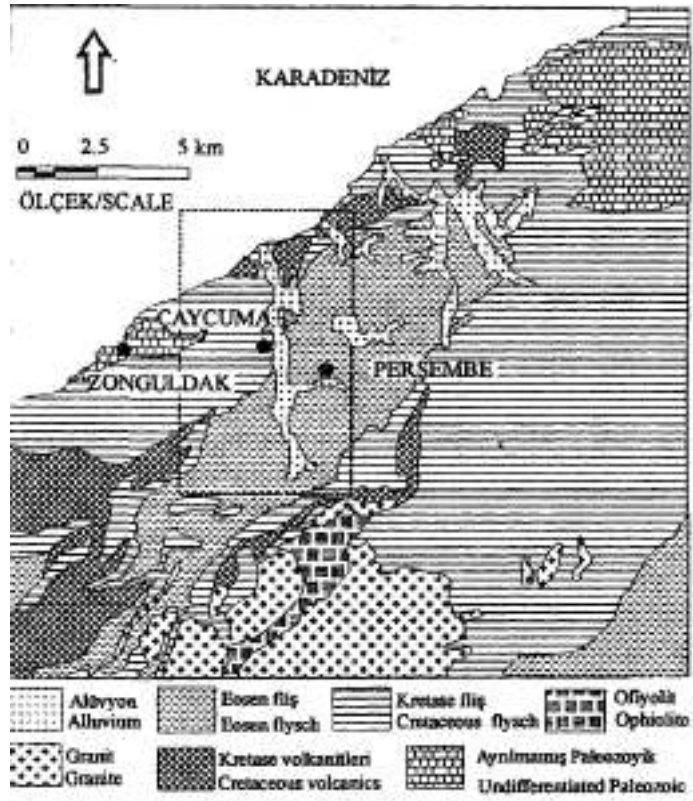
Hipsometrik integral duyarlı koşullarda çeşitli faktörlerden etkilenmektedir:

- Drenaj alanının gençliği HI ile doğru orantılıdır.
- HI değeri drenaj alanı küçüldükçe büyümektedir.
- Litoloji değişimi ve kapmalar hipsometrik eğri üzerinde anomaliler olarak izlenmektedir.
- Drenaj alanı üzerindeki egemen yapısal kontrol integralin önceki etkenlerden bağımsız olarak davranmasını ve dışa bükümlü bir eğri oluşmasını sağlar[1].

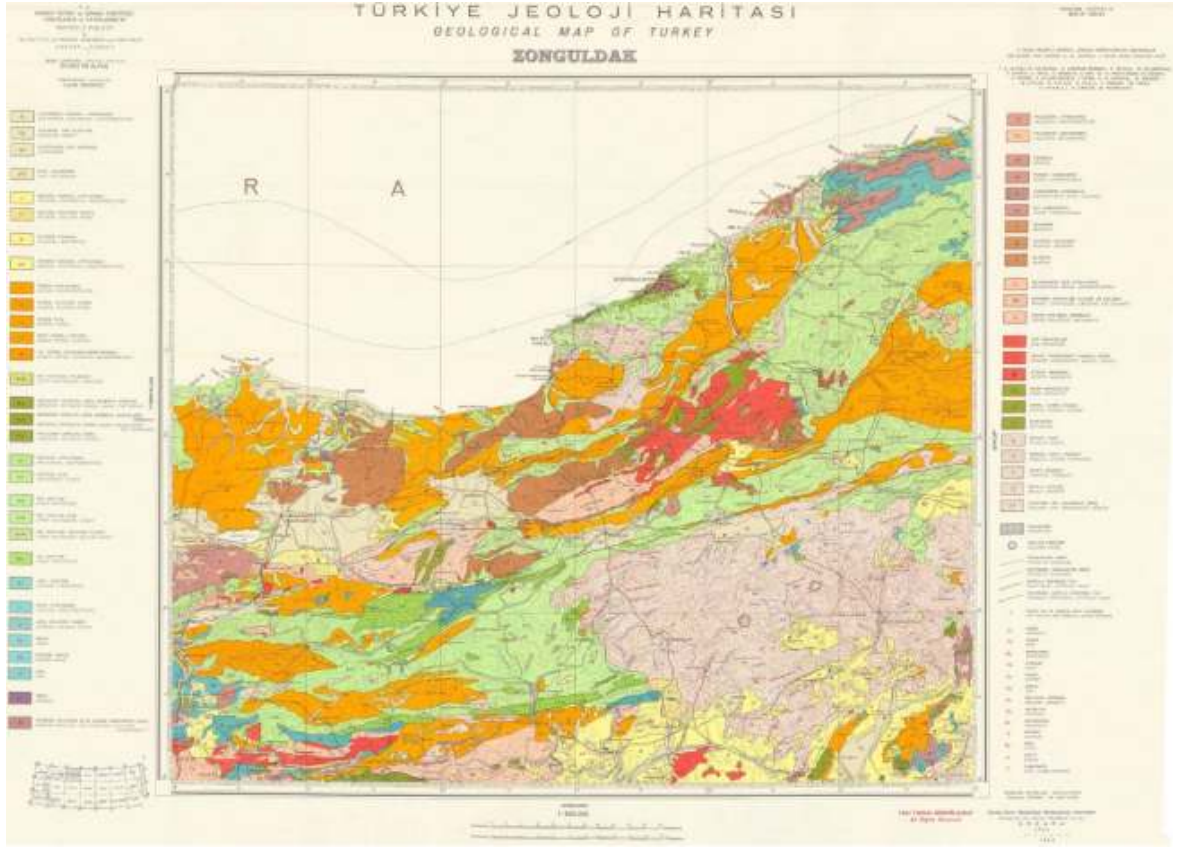
Hipsometrik eğrisi, bölgenin morfolojik olarak hala genç ve gelişmekte olduğunu göstermektedir. Buna göre erozyonun 200-2404 m yüksekliklerde devam ettiği gözlenebilmektedir. En genç morfolojik yapılar 500-2000 m arasındaki yüksekliklerde meydana gelmektedir ve erozyon şiddeti aşınmanın miktarına bağlıdır. 0-500 m yüksekliklerde aşınma ve erozyon yavaşlamakta ve daha sabit bir duruma ulaşmaktadır[7].



Şekil 2.6: Hipsometrik Eğri[7]



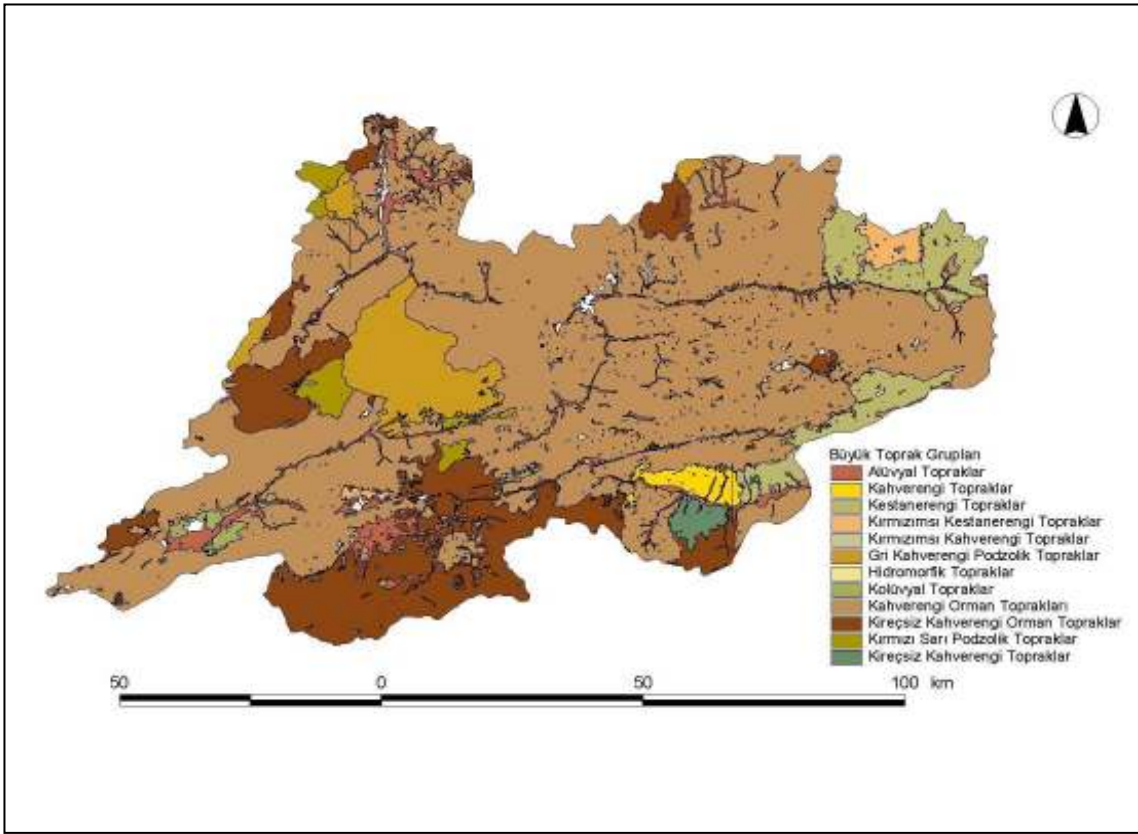
Şekil 2.7: Bölgenin Basitleştirilmiş Jeoloji Haritası [15]



Şekil 2.8: Çalışma Alanının Jeoloji Haritası[18]

2.1.2 Bölgenin İklim Özellikleri

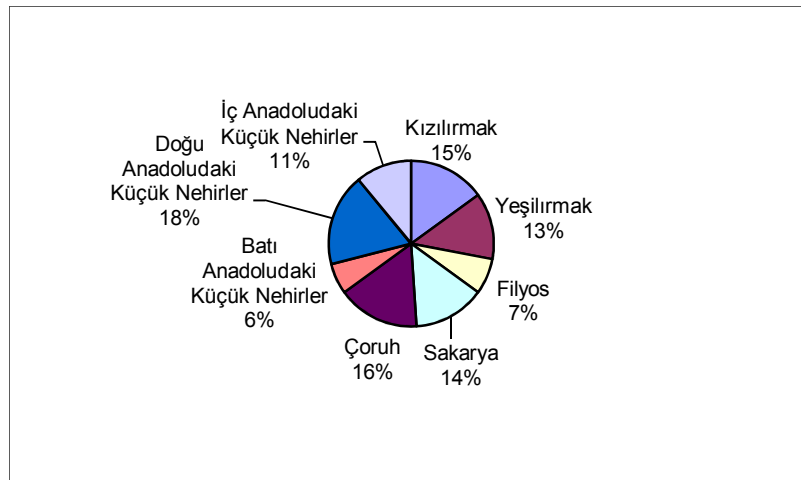
Bölgenin iklim özelliklerini ortaya koymak için Zonguldak, Bartın, Devrek ve Karabük meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama sıcaklıklarından faydalanılmıştır; buna göre sıcaklıklar 13.1-13.9°C arasında değişmektedir. İzoterm haritaları incelendiğinde, sahanın en çok ısınan yerleri aşağı Filyos havzasındaki vadi tabanları ve Karabük çevresidir. Sıcaklığın en düşük olduğu yerler ise bölgenin yüksek kesimleridir. Bölgenin yağış haritaları incelendiğinde, kıyı kesimlerin iç kesimlerden daha fazla yağış alması, ancak iç kesimlerde yüksek platolar ve dağlık alanlarda yağışın artması dikkat çekicidir. Kıyı istasyonlarda 1000mm'nin üzerinde olan yağış miktarı iç kesimlere gidildikçe azalır ve Karabük'te 500mm'nin altına düşmektedir[9].



Şekil 2.10: Filyos Havzası Toprak Haritası[14]

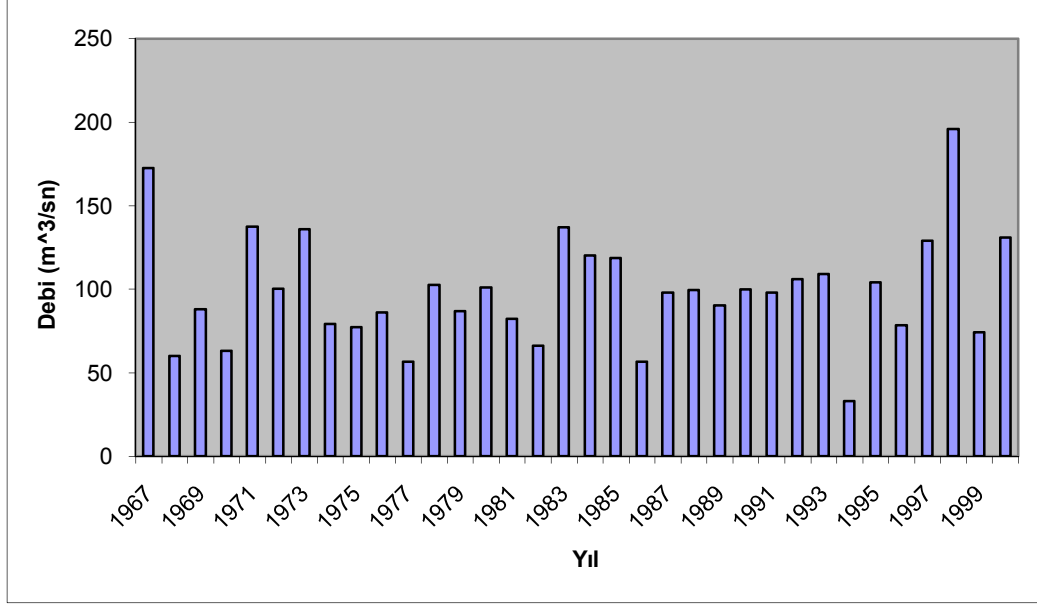
2.1.4 Filyos Çayı'nın Hidrografik Özellikleri

Türkiye deki ırmaklar Karadeniz'e yılda 43 km^3 tatlı su ve 24 milyon ton sediment taşımaktadırlar. Filyos %7 lik tatlı su kapasitesiyle bu nehirler arasında beşinci sırada yer almaktadır[19].



Şekil 2.11: Filyos Çayının Ülkemizdeki Tatlı Su Kaynakları Arasındaki Yeri[19]

Bu durum o yıllarda bölgede yağış miktarının ve iklim koşullarının farklılığı ile açıklanmaktadır.



Şekil 2.13: Filyos Çayının Yıllara Göre Akım Değerleri [20]

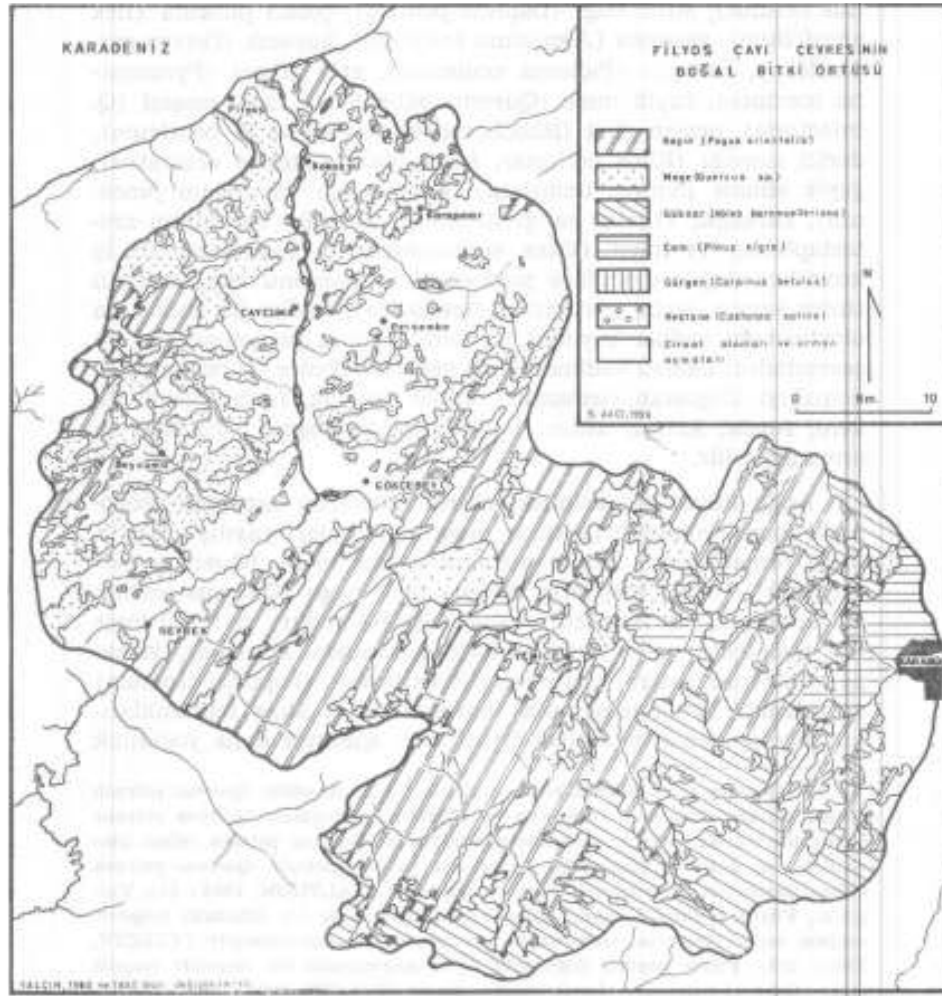
Tablo 2.1: Filyos Çayı'nın Akım Değerleri ve Sediment Miktarları [20]

Yıl	Debi m ³ /sn	Askıdaki Sediment Konsantrasyonu (PPM)	Taşınan Sediment Miktarı (Ton/Gün)
1980	101.009	322.455	7288.509
1981	82.218	785.455	3405.345
1982	66.392	487.167	2818.558
1983	136.875	1514.667	32564.450
1984	120.091	747.545	23039.077
1991	98.1	909.507	36193.077
1992	106	779.146	46996.277
1993	109	195.933	3024.727

1998 yılındaki akımın oldukça fazla olmasının sebebini o yıl bölgede meydana gelen aşırı yağışlara bağlanmaktadır.

2.1.5 Doğal Bitki Örtüsü

Bölgenin doğal bitki örtüsünü büyük ölçüde ormanlar oluşturmaktadır. Bununla birlikte maki formasyonu da görülmektedir. Çoğunlukla nemli orman olmalarının yanı sıra kuru ormanlara da rastlanan bölgeler bulunmaktadır (örn Karabük). Yüksekliğin az olduğu kesimlerde meşe ve kayın, fazla olduğu kesimlerde ise göknar ormanları hakimdir. 200 m ye kadar olan yüksekliklerde tarım alanları geniş yer kaplamaktadır, 200-400 m arasındaki yüksekliklerde ise akaççık veya çalı formasyonu görülmektedir(Şekil-harita) [9].



Şekil 2.14: Filyos Çayı Çevresinin Doğal Bitki Örtüsü[9]

2.1.6 Bölge Ekonomisi

Çalışma alanında başlıca ekonomik kaynaklar; ziraat, ormancılık, sanayi ve ticarettir. Sahanın yaklaşık 1/4'ünü tarım alanları oluşturmaktadır. Avcı, bölgenin ekonomik coğrafya özelliklerini araştıran çalışmasında, bölgedeki tarım arazilerinin % 70.5'inde tarla tarımı, % 6.2'sinde de sebze ve meyve üretimi yapıldığını belirtmiştir. Yine bu çalışmada tarımsal üretimde en fazla tahılların (buğday ve mısır başta olmak üzere) önem taşıdığını, bununla birlikte sebze ve meyveciliğin ise sadece yerel pazarların ihtiyacına yönelik yapıldığına da değinilmiştir[21].

2.2 Sediment Oluşumu ve Sonuçları

Sediment, yeryüzünün aşınmasıyla kopan, nehir sularıyla taşınan ve nehir yataklarında, göllerde, denizlerde biriken küçük katı madde parçacıklarıdır[22].

2.2.1 Sediment Oluşumunun Nedenleri

2.2.1.1 Erozyon

Erozyon; iklim, toprak örtüsü, topografya ve insan faktörlerinin toprağı aşındırma, taşıma ve biriktirme eylemlerinin toplamıdır[23]. Su erozyonu yeryuvarının oluşumu ile başlayan ve her devirde devam eden, hem jeofiziksel hem de jeokimyasal bir süreçtir. Erozyon, taşkınlar, yol, köprü, sulama ve drenaj kanalları, hava alanları, sanayi tesisleri ve yerleşim yerlerine zarar vermekte; hayvan ve insanlarda can kaybına neden olmaktadır[35].

Su Erozyonu: Su erozyonu toprakların, mendereslerin, deltaların, ovaların oluşumunda başroldedir. Tarımsal açıdan bu verimli alanların oluşumunu sağladığı gibi, aşınma bölgelerinde de önemli derecede toprak kayıplarına neden olmaktadır. Su erozyonunun önemli bir etmeni olan; uzun süreli ve şiddetli yağışlardan sonra toprağı sızamayan su, yüzey akışına geçer. Arazinin çıplak olması, eğim, toprak ve havza fizyografik özellikleri, bilinçsiz insan faaliyetleri vb. faktörler de eklenince su debisi kontrolsüz olarak artar. Su, akış yolu boyunca uygun koşullarda sürüklenme gücü de kazanarak kum, kil, mil, taş gibi materyalleri havza sularının döküldüğü deniz, göl, gölet ve barajlara taşır[24].

Yağmur Damlası Erozyonu: En tehlikelidir ve su erozyonunun başlangıcını oluşturur. Bitki örtüsü olmayan, çıplak bir toprak yüzeyine düşen yağmur damlası,

toprak zerrecelerini eğime bağlı olarak metrelerce uzağa ve havaya fırlatır. Damlalar bu şekilde yerinden kopardığı toprak zerrecelerini kolayca sürüklenebilir duruma getirir.

Yüzey (Tabaka) Erozyonu: Hemen fark edilmeyen, yavaş seyreden sinsi bir erozyon şeklidir. Akarsuların bulanık akmasıyla kendini gösterir. Eğimli arazilerde akışa geçen yağış sularının, toprak yüzeyini ince bir tabaka halinde taşıması olayıdır.

Oluk (Parmak) Erozyonu: Eğim aşağı sürüm ve ekim yapıldığında kendini gösterir. Eğimi fazla olan arazilerde yüzeyden akan sular, buldukları en küçük kanalları izler ve başlangıçta 1-2 parmak derinlikte oyuntular oluşturur. Zamanla küçük oyuntular derinleşerek oluklar haline gelir. Hemen önlem alınmazsa bu oluklar derinleşir ve toprağın en değerli üst katını alıp götürür.

Oyuntu (Sel Yarıntısı) Erozyonu: Oluk erozyonunun ihmal edilmesiyle, başlangıçta oluşan küçük kanallar zamanla daha da derinleşerek oyuntu ya da sel yarıntısına dönüşürler. Bu yarıntılar tarım aletlerinin toprağı işleyemeyeceği kadar genişler ve büyük kayıplara neden olurlar.

Akarsu Erozyonu: Akarsuların yataklarını ve kenarlarını aşındırmaları olayıdır. Özellikle taşkın zamanlarında akarsular yataklarını genişletirler. Böylece akarsu kenarlarındaki değerli tarım arazileri yok olur, köprüler yıkılır yollar bozulur.

Su erozyonunun başlıca zararlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Kırsal alanlardan gelen yüzey akış suları yerleşim alanlarında taşkın ve tahribata neden olur.
- Şiddetli yağışlar tarım alanlarını yerle bir eder.
- Yığılan tortu verimli arazilerdeki bitkilere zarar verir, dereleri, göletleri, barajları doldurur[23].

Rüzgar Erozyonu: Kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde yaygın olan rüzgar erozyonu; yeterli bitki örtüsü bulunmayan, oldukça düz ve geniş arazilerde, gevşek yapıdaki kuru ve ince bünyeli toprağın, şiddetli rüzgarların etkisi ile parçacıklar halinde yerinden oynatılarak, toz bulutları şeklinde yer değiştirmesi olayıdır.

Rüzgar erozyonu ile toprakta yer yer çukurlar oluşur. Bu çukurlardan çıkan toprak, başka yerlerde toplanarak kum tepeleri meydana getirir. Rüzgar erozyonu; yolları, binaları ve su yollarını etkileyebilir, ayrıca tarımsal alanlarda hasara sebep olabilir[23].

Çığ Erozyonu: Çığ, yamaç üzerinde toplanan kar kütlelerinin, yeni yağın karlarla aşırı yüklenmesi veya yamaçla bağlantısının zayıflaması halinde, herhangi bir etki ile dengesini kaybederek dağ yamacından aşağıya doğru kayması ve yuvarlanması olayıdır.

Çığlar, önlerine gelen engelleri tahrip eder, beraberinde toprak, taş ve ağaçları söker götürür. Bu şekilde meydana gelen aşınma ve taşınma olayına çığ erozyonu denir[23].

Yerçekimi Erozyonu: Kitle hareketleri, genellikle ayrışma ürünü olan ve sağlam kaya üzerine oturmuş bulunan örtünün, esas itibarıyla yerçekimi etkisi ile küçük veya büyük kitleler halinde yamacın aşağısına doğru yer değiştirmesi olayıdır[23].

Buzul Erozyonu: Yüksek dağlık arazilerdeki derelerde, çeşitli zamanlarda oluşmuş buzulların parça parça aşağılara doğru kayması sırasında, beraberinde buzulaş denilen çeşitli büyüklükteki materyal kitlelerini sürüklemesi ile meydana gelen aşınma ve taşınma olayına buzul erozyonu denir.

2.2.2 Sediment Oluşumunun Etkileri

Nehir yataklarında ve su rezervlerinde biriken sediment, insan ve diğer canlı yaşamını büyük ölçüde etkilemektedir.

2.2.2.1 Menderesleşme

Bir nehrin en belirgin formu nehrin topoğrafik ve hidrolik özelliklerine ve drenaj ağına bağlı bir morfolojik özellik olan menderesleşmedir[25].

Menderesleşme, nehrin kendiliğinden oluşturduğu, bir eksene göre periyodik ve asimetric ayrıca tam olarak düz ya da düz olmayan deformasyonların sonucu oluşan bir akarsu formudur[26]. P , nehrin ardışık iki noktası olan kaynak ve mansabı arasındaki menderesleşme sayısı olarak düşünüldüğünde; $P < 1.5$ ise bu nehirde az menderesleşme, $1.5 < P < 2.0$ ise orta seviyede menderesleşme ve $P > 2$ ise de fazla menderesleşme olduğunu göstermektedir. Pratikte menderesleşme sayısı (P) 1.5 ve üzeri olan nehirlerde menderesleşme vardır denilmektedir. Menderesleşme genelde 1.5 ve 4.3 arasında değişim göstermektedir[7].

Değişik zaman aralıklarında oluşan menderesleşme olayının, nehrin erozyonal durumunu izlemeye önemli yeri vardır. Bununla beraber menderesleşme kilometrelerce uzunlukta ve genişlikteki alanlarda meydana geldiği için klasik

yöntemlerle gözlem yapmak zahmetli, masraflı ve uzun sürelidir. Bu yüzden bu tür çalışmalarda, kısa sürede çok geniş alanlar hakkında doğru bilgi edinmeyi sağlayan, uzaktan algılama görüntülerinin kullanılması en doğru karar olmaktadır.



Şekil 2.15: Alaska'daki William Nehrindeki Menderesleşme[27]



Şekil 2.16: Riberalta'da Bir Nehrin Menderesleşmesi[28]

2.2.2.2 Taşkın ve Sel

Sel, en kurak (çöl) ve en nemli (tropikal) alanlar dahil, Dünya'nın hemen her yerinde meydana gelebilmektedir. Çok farklı şekillerde tanımlanmakla beraber sel, çeşitli nedenlerle ortaya çıkan büyük su kütlelerinin akarsu yataklarında, vadi yamaç ve tabanlarında, çukur alanlarda ve kıyılarda kontrolsüz bir biçimde akması ve yayılması olayıdır[29].

Akarsularda biriken sedimentlerin nehir yatağını sığlaştırmasıyla nehir suları nehir çevresinde ciddi hasarlara neden olmaktadır. Bu yüzden akarsu tabanlarında ve yatak çevresinde biriken sediment miktarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Sel ve taşkınlarda geçmişten günümüze kayda değer kayıplar verilmiştir. Depremden sonra en fazla ekonomik kayıplara sebep olan doğal afettir.

Tablo.2.2: Türkiye'deki Doğal Afetler İçinde Sel ve Taşkın Olaylarının Yeri (1903–2005)[30]

Doğal Afetler	Olay Sayısı	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı	Evsiz	Etkilenen	Toplam Etkilenen	Zarar \$ (000)
Deprem	71	88538	92866	1160880	5620850	6874596	16096600
Epidemic	6	589	0	0	204625	204625	NA
Aşırı Sıcaklık	6	104	300	0	8000	8300	NA
Sel ve taşkın	31	1260	211	99000	1586520	1685731	2193500
Arazi kaymaları	8	591	208	185	1905	2298	NA
Yangınlar	4	13	0	350	500	850	NA
Fırtına	9	100	139	0	13500	13639	2200

Sel ve taşkın sonucu oluşan zararı azaltmak için alınması gereken önlemler:

- Akarsu havzası içinde çeşitli alan kullanımlarını öngören fiziki planlar ve bunların hazırlanmasına ilişkin düzenlemelerin yapılması,
- Sel ve taşkın riski taşıyan alanların önceden belirlenmesi ve afet planlarının hazırlanması,
- Havza içerisinde yer alan açık alanların korunması ve kullanılması ile ilgili düzenlemelerin yapılması,
- Sel ve taşkın riski taşıyan alanlardaki altyapı standartlarını ve inşaat koşullarını düzenleyen yasa ve yönetmelikler,

- Havza yönetiminin koşullarını düzenleyen yönetmelikler,
- Sulak alanların korunma ve kullanılmasına ilişkin yönetmelikler.

2.2.2.3 Zehirli Kimyasallar

Sediment, kimyasalların taşınmasında büyük rol oynamaktadır ve su kalitesi yönetiminde önemli etkenlerden biridir. Zehirli kimyasallar sedimente yapışarak, sediment tarafından emilerek taşınır ya da su yataklarında, göllerde, denizlerde birikir. Bu kirlilik daha sonra kolaylıkla çevreye yayılır[31].

2.2.2.4 Navigasyon

Akarsu ve göllerdeki sediment birikimi suyun derinliğini azaltmaktadır; bu da su ulaşımını zorlaştırmakta ya da tamamen engellemektedir. Geçiş sağlamak için bazı sedimentler, başka yerlere taşınmaktadır fakat bu da zehirli kimyasalların çevreye yayılmasına sebep olmaktadır. Ne kadar sedimentin taşınması gerektiği, ancak su seviyesi, taşınan ve biriken sediment miktarları izlenerek tespit edilmektedir[44].

2.2.2.5 Balıkçılık ve Habitat

Sudaki sediment miktarı birçok sebepten dolayı sudaki habitatı etkilemektedir;

- Suda askıda bulunan sediment, ışığın suya penetrasyonunu engellemektedir. Bu da balıkların beslenmesini doğrudan etkilemekte ve canlı yaşamının azalmasına neden olmaktadır.
- Balıkların solungaçlarını rahatsız ederek ölümlerine sebep olmaktadır.
- Kum balıkların gözlerini koruyan mukozayı ve doğal dengelerini tahrip ederek hasta olmalarına sebep olmaktadır.
- Sudaki kum parçacıkları güneş ısısını emerek suyun sıcaklığının artmasına ve bazı canlı türlerinin baskın çıkmasına sebep olmaktadır.
- Sudaki yoğun sediment, bitkilerin sökülmesine ya da cansızlaşmasına neden olarak balık yiyeceklerinin azalmasına dolayısıyla balık popülasyonunun da azalmasına sebep olmaktadır.
- Su dibinde biriken sediment, balık yumurtalarının gömülmesine ve nefes alamamasına sebep olmaktadır.

- Sediment parçacıklarıyla taşınan zehirli tarım kimyasalları, balıklarda anormalliklere ve ölümlere sebep olmaktadır.

2.2.2.6 Su Temini

Sediment, suyun nehirlerden ve göllerden alınarak ev, endüstri ve tarım kullanımı için dağıtımı sırasında, pompa ve tirübünleri aşındırmaktadır. Bu da önemli ölçüde maliyeti etkilemektedir. Sudaki sediment miktarı, tespit edilerek ona göre malzeme seçimi yapılmalıdır. Aksi takdirde ulaştırma sistemlerinin ömrü az olacaktır[31].

2.2.2.7 Enerji Üretimi

Enerji üreten rezervlerde biriken sediment miktarı baraj kapasitesini ve ömrünü büyük ölçüde etkilemektedir. Barajlar akarsularla taşınan sedimenti tutmakta ve biriktirmekte; bu da baraj kapasitesini azaltmaktadır. Bu yüzden uzun ömürlü etkili bir su rezervi dizaynı için sediment miktarının bilinmesi gerekmektedir.

2.3 Filyos Taşkını

Filyos Havzası, Türkiye'nin en fazla taşkına maruz kalan bölgelerindedir. 21 Mayıs 1998 tarihinde bölgede de büyük hasarlara neden olan sel baskını meydana gelmiştir[32]. Batı Karadeniz Bölgesi genelinde 19.05.1998 tarihinden itibaren aralıksız ve yoğun şekilde yağın yağmurlar, bölgede 21.05.1998 tarihinde sel felaketine neden olmuştur[48]. Aşırı yağışlar neticesinde Soğanlı ve Filyos çaylarında su seviyesi yükselerek çay yataklarında taşkınlara ve sel baskınlarına neden olmuştur. 23.05.1998'den itibaren su seviyesi azalarak normale dönmüştür. Yapılan ilk tespitlerde Karabük Merkezi ile Yenice ilçelerinde sel felaketinin yoğun bir şekilde yaşandığı, Eskipazar ve Safranbolu ilçelerinde de kısmi hasarların oluştuğu, Eflani ve Ovacık ilçelerinde ise selden diğer ilçelere oranla daha az etkilendiği görülmüştür. Taşkınlar ve sellerin etkisi ile bölgede yer yer erozyon meydana gelmiştir. Özellikle dere yatakları çevresindeki tarım arazileri erozyonla taşınan çakıl, kum ve kumlardan etkilenmiştir. Söz konusu alanlarda yetiştirilen sebze ve sera ürünlerinin de selden hasar gördüğü yapılan incelemelerde tespit edilmiştir[32].



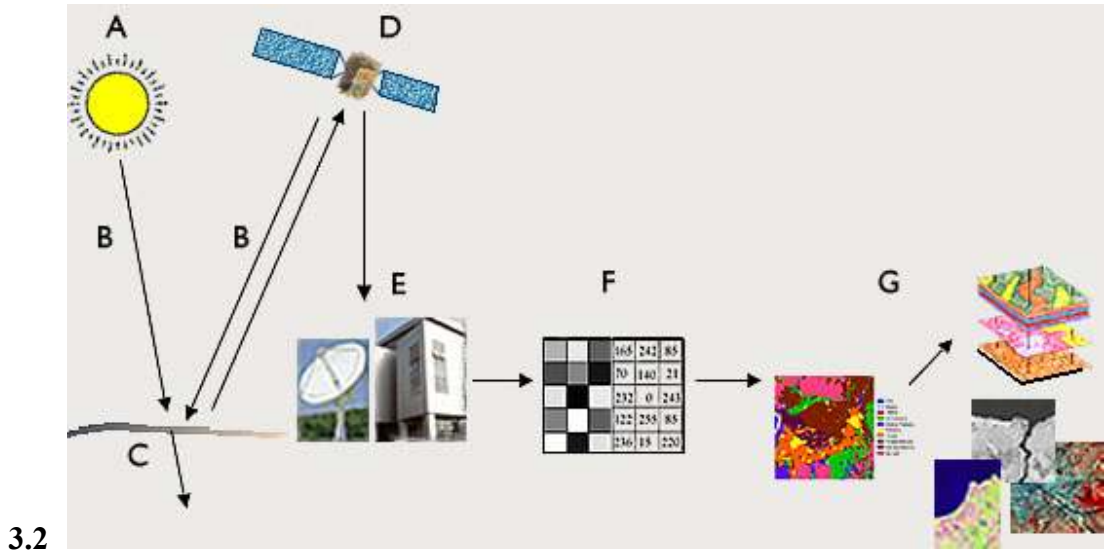
Şekil 2.17: 1998 Filyos Taşkınından Görüntüler[33]

3. YÖNTEM VE KULLANILAN VERİLER

3.1 Uzaktan Algılama (UA)

Uzaktan Algılama, herhangi bir temas olmadan, algılayıcı sistemleri kullanarak yeryüzü hakkında bilgi edinme bilimidir. Uzaktan Algılama teknolojileri yer yüzeyinden yansıyan ve yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi, elde edilen materyalin bilgi çıkarmak üzere işlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılır[34].

3.1.1 Uzaktan Algılama Bileşenleri



Şekil 3.1: UA Bileşenleri [34]

UA iki aşamadan oluşur; bunlar “veri elde etme” ve “veri işleme” adımlarıdır. Veri elde etme aşamasındaki bileşenler:

- A. Enerji kaynağı: Hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir. Optik uydular için enerji kaynağı güneştir, ancak radar

uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşıyarak ve elektromanyetik enerji üreterek hedefe yollarlar.

- B. Işınım ve atmosfer: Enerji, kaynağından çıkarak hedefe yol alırken atmosfer ortamından geçer ve bu yol boyunca bazı etkileşimlere maruz kalır.
- C. Hedef ile etkileşim: Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefe ulaştığında hem ışınım hem de hedef özelliklerine bağlı olarak farklı etkileşimler oluşur.
- D. Enerjinin algılayıcı tarafından kayıt edilmesi: Algılayıcı hedef tarafından yayılan ve saçılan enerjiyi algılar, ve buna ilişkin veri kayıt edilir.
- E. Verinin İletimi, alınması ve işlenmesi: Hedeften toplanan enerji miktarına ait veri algılayıcı tarafından kayıt edildikten sonra, görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir.

Veri işleme aşamasındaki bileşenler:

- A. Yorumlama ve Analiz: Görüntü görsel, dijital ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur.
- B. Uygulama: İşlenmiş veriden bilgi çıkarılır, bazı sonuçlara ulaşılır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

3.2.1 Görüntü Ön İşleme

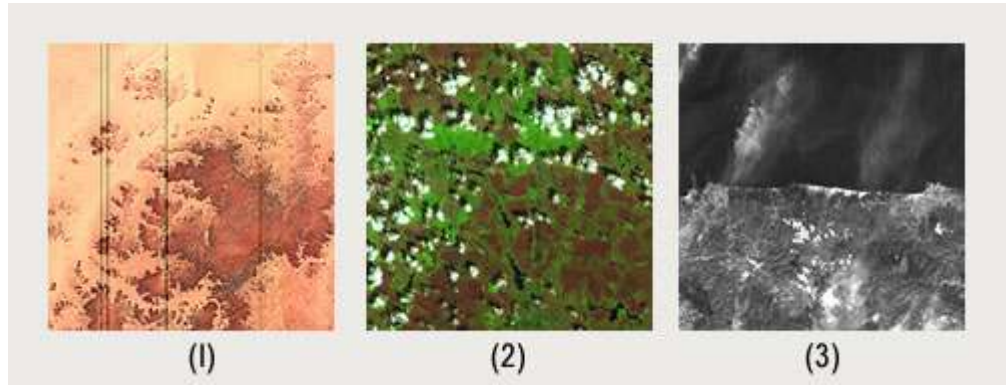
Uydu görüntülerinde algılayıcıdan ve ortamın fiziksel şartlarından kaynaklanan bazı bozukluklar meydana gelmektedir. Görüntüler değerlendirilmeden önce bu bozuklukların mümkün oldukça indirgenmesi gerekmektedir. Bunun için görüntü düzeltilmesi ve rektifikasyon işlemleri yapılmaktadır. Verilerde atmosferik şartlardan ve alıcı noise etkisinden kaynaklanan görüntü parlaklığı ve geometrisinde değişimler olmaktadır. Bunları düzeltmek için radyometrik düzeltme yapılmalıdır.

3.2.1.1 Radyometrik Düzeltme

3 tür hata nedeniyle görüntüler radyometrik düzeltme işlemine tabi tutulmaktadır:

- Algılayıcı kaynaklı hatalar: Bunlar sistematik hatalardır. Algılayıcının yapısından kaynaklanmaktadır.
- Güneş geliş açısından veya arazi şekillerinden kaynaklanan gölge etkisi
- Atmosferik şartlardan kaynaklanan hatalar: Sis ve bulut bu tür hatalara örnek teşkil edebilir. Alıcının hedefi net bir şekilde algılamasını engellemektedir.

Görüntü işleme aşamasına geçmeden önce mutlaka bu hataların giderilmesi gerekir.



Şekil 3.2: (1) Algılayıcı Kaynaklı Hata, (2) Bulut Etkisi, (3) Sis Etkisi[34]

3.2.1.2 Geometrik Düzeltme (Rektifikasyon)

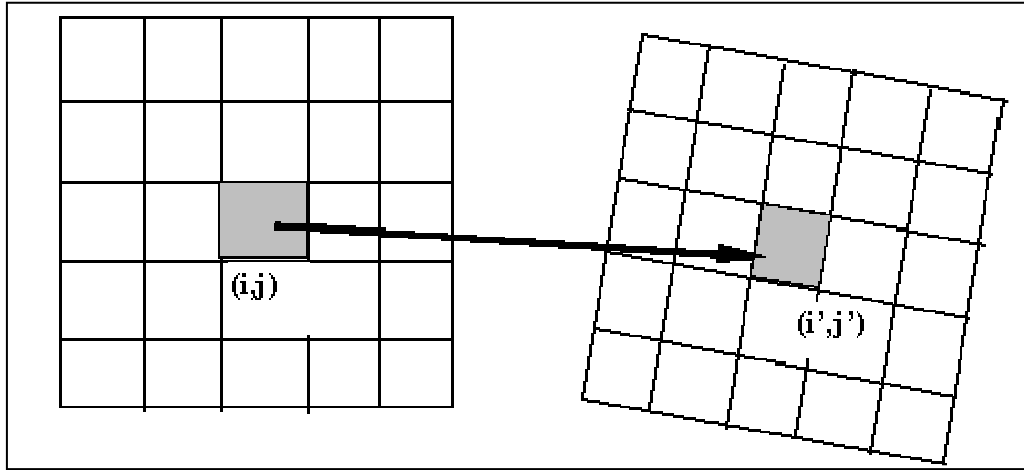
İşlenmemiş görüntüler çoğunlukla geometrik bozulmalara içermektedirler. Görüntülerin geometrik olarak düzeltilmeleri sonucunda bozulmalar giderilerek, görüntü koordinatları x,y ve nesne uzay koordinatları x,y,z arasında analitik bir ilişki kurulmaktadır.

Görüntünün yeniden örnekleme, belirlenmiş bir sistemde görüntünün yeniden tanımlanmasıdır. Bunun için görüntü ve sistemdeki ortak özellikler kullanılır. Bu özellikler yer kontrol noktaları olarak adlandırılır. Kontrol noktaları belirlenirken görüntüde belirgin obje grupları tercih edilmelidir. Geometrik dönüşümde seçilen yer kontrol noktalarında aranan özellik; kolayca seçilebilmek ve yüksek konum doğruluğuna sahip olmaktır. Küçük objeler yüksek bir doğrulukla kontrol noktası olarak kullanılabilir fakat bu tür objelerin her iki sistem de eşlenmesi kimi zaman güç olmaktadır. Kontrol noktaları belirlenirken objeler arasındaki kontrast farklılıkları büyük önem taşımaktadır. Kontrol noktaları dönüşümün geometrik duyarlılığını

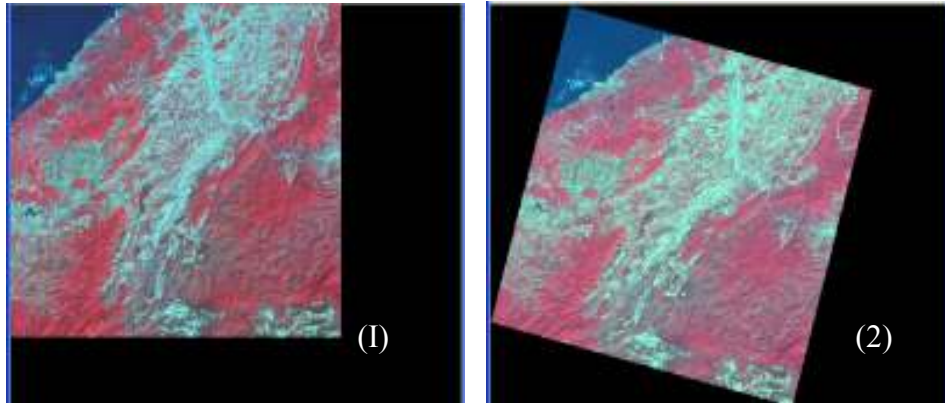
doğrudan belirlemektedir. Ayrıca kontrol noktası belirlerken harita ve görüntü arasındaki zamansal ve fiziksel farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Geometrik dönüşüm prosedürünü örnekleme işlemi izler. Örnekleme, sonuç görüntü piksellerinin radyometrik değerlerinin yeniden düzenlenmesidir. Bu işlemi gerçekleştirmek için en yakın komşuluk, bilinear interpolasyon ve kubik interpolasyon gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Şekil göz önünde bulundurulduğunda en yakın komşuluk yönteminde (i,j) pikselinin çevresindeki 4 pikselden en yakın olanının yansıma değeri (i',j') pikselinin yansıma değeri olarak atanır. Bilinear interpolasyonda (çift yönlü doğrusal interpolasyon) (i,j) pikseline en yakın dört pikselin bu piksele olan ağırlıklı uzaklıkları esas alınarak yeni parlaklık değeri hesaplanır.



Şekil 3.3: Yeniden Örnekleme[46]



Şekil 3.4: (1) Filyos Orijinal Spot Görüntüsü, (2) Geometrik Olarak Düzeltilmiş Spot Görüntüsü

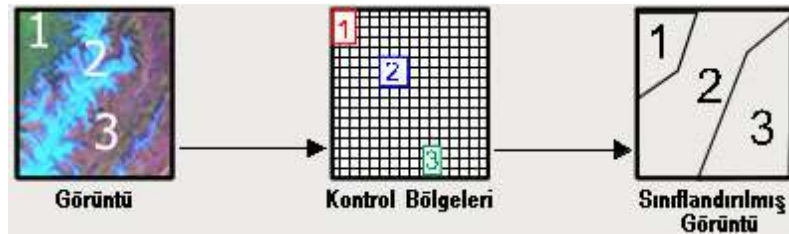
3.2.2 Sınıflandırma

Bir veri grubu içinde belirli bir sınıf oluşturan objelerin benzerliğinden yola çıkarak ve özelliklerine göre seçilerek gruplandırılması olarak tanımlanabilir. Otomatik sınıflandırma verilen bir obje kümesi içinde benzer objelerin homojen sınıfları oluşturması veya verilen objenin özelliğinden yola çıkarak birçok veya daha öncede tanımlanmış sınıfların oluşturulmasının matematik ve istatistik yöntemlerle gerçekleştirilmesidir.

Sınıflandırma; birçok bilim dalında kullanılan bir karar verme işlemidir. Görüntü sınıflandırma işleminde amaç, bir görüntüdeki bütün pikselleri arazide karşılık geldikleri sınıflar veya temalar içine otomatik olarak atamak, yerleştirmektir. Özellikle uzaktan algılamada arazi kullanımı, uydu görüntüleri sınıflandırılarak elde edilir. Elde edilen sonuçlar vektör veriye dönüştürülerek tematik haritalar elde edilir. Burada önemli olan çalışılan görüntünün çözünürlüğüne, gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin doğruluğuna bağlı olarak sonuç ürününün kullanım ölçeğinin belirlenmesidir[46].

3.2.2.1 Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada görüntünün hangi sınıflara ayrılacağı, ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istenildiği önceden bilinir. Bunun için görüntüden belirlenen sınıflara ait denetim alanlarının seçilmesi gerekmektedir. Bu seçim için gerektiğinde arazide yer gerçekliği yapılması zorunludur. Denetim alanlarının seçimi sınıflandırmanın doğruluğunu etkileyen bir aşamadır. Uygulamada çokça karşılaşılan sorun sınıf çakışmasıdır. Sınıf çakışmasının nedenlerinden biri de denetim alanlarının ölçümünde yapılan hatalardır.



Şekil 3.5: Kontrollü Sınıflandırma[34]

Uygulama adımları:

- Güvenilir kontrol noktalarının seçimi
- Kullanılacak bant sayısı seçimi
- Sınıflandırma algoritmalarının seçimi
- Sınıflandırma
- Doğruluk analizi

Kontrol bölgeleri; bir haritadan sayısallaştırılarak, görüntüde karakteristik spektral özellikler tanımlanarak ve bölgenin GPS ile alınan koordinat bilgileri kullanılarak belirlenebilir.

Amaca uygun olarak gerekli sınıflandırma algoritması seçilir. Sınıflandırma algoritmaları:

- Paralel kenar kuralı
- En kısa uzaklık karar kuralı
- Maksimum olabilirlik karar kuralı

3.2.2.2 Kontrolsüz Sınıflandırma

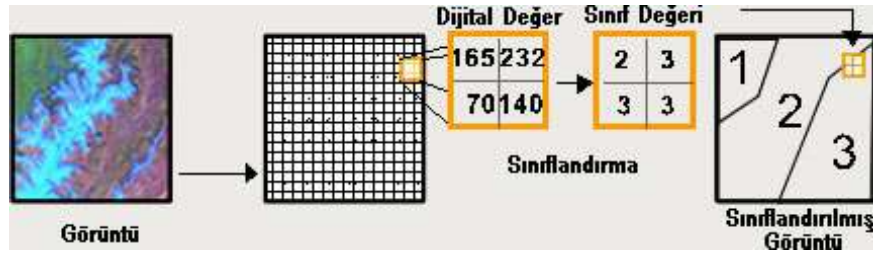
Bu yöntem; piksellerin, kullanıcı müdahalesi olmadan algoritmalar yardımı ile otomatik olarak kümelendirilmesi temeline dayanmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analyses Technique) tekrarlı veri analizi yöntemidir. Bu yöntem, tekrarlı olarak tüm sınıflandırmayı gerçekleştirme ve uygulanan her iterasyon sonrasında yeniden istatistik hesaplamasını temel alır. Self Organizing ise, minimum girdi ile kümelerin oluşturulmasıdır.

Bu yöntem karar kuralı olarak, minimum uzaklığı kullanır. Pikseller, görüntünün sol üst köşesinden başlanarak soldan sağa ve satır satır analiz edilir. Aday piksel ile her bir küme ortalaması arasında spektral uzaklık hesaplanır ve en yakın kümeye atanır.

Öncelikle istenilen sınıf sayısı kadar oluşturulan kümenin ortalaması hesaplanır ve her iterasyondan sonra, her bir kümenin yeni ortalaması hesaplanılarak, bu ortalamalar bir sonraki iterasyon kümelerinin tanımlanmasında kullanılır.

Kontrolsüz sınıflandırma; görüntüdeki veri tanımlanamadığında başvuru yöntemidir. Bu yöntemde, arazi örtüsü tipini bilinmesine gerek yoktur, öncelikle sınıf sayıları belirlenir (bu aralığın geniş tutulması faydalıdır). Ayrıca, veri bandı değerleri yardımı ile benzer piksellerin otomatik olarak bulunması temel alınmaktadır. Tanımlanan bu pikseller sembol, değer ya da etiketlere atanır, gerektiğinde de aynı tip sınıflarla birleştirilir.

Kontrolsüz sınıflandırma sonucundan elde edilen sınıflar, spektral sınıflardır ve spektral sınıfların özellikleri başlangıçta bilinmemektedir. Analizi yapan kişinin; sınıflandırılmış görüntüyü, spektral sınıfların değer bilgilerine ulaşabilmek için başka bir referans bilgiyle (harita ya da görüntü gibi) kıyaslama yapması gerekmektedir[46].



Şekil 3.6: Kontrolsüz Sınıflandırma[34]

3.2.2.3 Doğruluk Değerlendirmesi

Bir sınıflandırma işlemi, hata tahmini ya da başka bir güvenilirlik ölçütü (confidence measure) olmadan sonuçlanmış sayılmaz. Hata tahmini, sınıflandırmanın bir parçasıdır, ancak sınıflandırma işlemi dışında, kendine has yöntemlerle yapılır. Sınıflandırılmış görüntünün doğruluğu, referans veriyle olan uyumuna-referans veriyi sağlamasına bağlıdır.

Birçok yöntemin kullanıldığı, sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesi işleminde iki veri kümesine ait (sınıflandırılmış görüntü - referans veri) hata matrisi

gerekmektedir. Bunun için sınıflandırılmış görüntü aynen denetim alanı duyarlılığında belirlenen kontrol alanları ile karşılaştırılır.

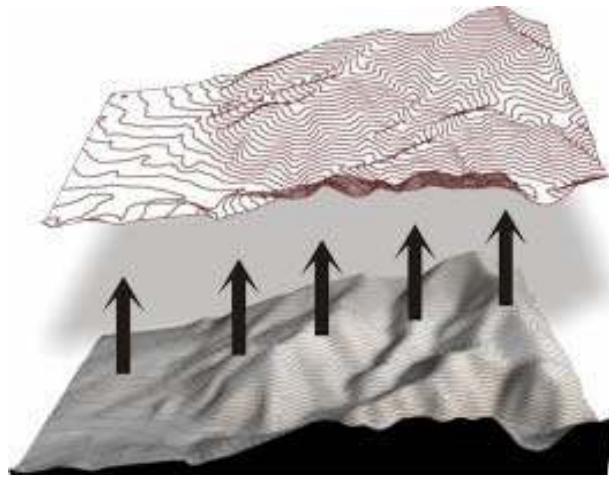
Sınıflandırmanın tematik doğruluğunu belirlemek için; kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve doğruluk istatistikleri incelenir.

Üretici doğruluğu, gerçekten ait olduğu sınıftan başka sınıflara atanan paternlerin o sınıfa ait referans veri kümesindeki oranı yani yanlış sınıflandırma oranıdır.

Kullanıcı doğruluğu, bir sınıfa atanan paternlerin gerçekten bu sınıfa ait olma doğruluğudur.

3.3 Sayısal Arazi Modeli

Sayısal arazi modeli (DTM), arazinin yükseklik bilgisinin kullanılan ortak bir düşey datumda X ve Y yönünde düzenli aralıklarla sayısal gösterimidir. SAM'lar Sayısal Yükseklik Modellerinden (SYM) farklı olarak yeryüzü topoğrafyası üzerindeki detayları yansıtmazlar. Bir SYM, topoğrafya üzerindeki bina, bitki örtüsü, orman v.b. farklı yükseklik değerlerine sahip detayları içerirken yani görünür yeryüzünü yansıtırken SAM'lar bu detayları tümünden elemine ederek yalnızca çıplak yeryüzünü yansıtan modeli sunarlar. Tüm bu özellikleriyle SAM'lar yeryüzü topoğrafyasını en basit şekilde yansıtan en genel ve yaygın model olarak tanımlanmaktadır[36].



Şekil 3.7: Sayısal Arazi Modeli [37]

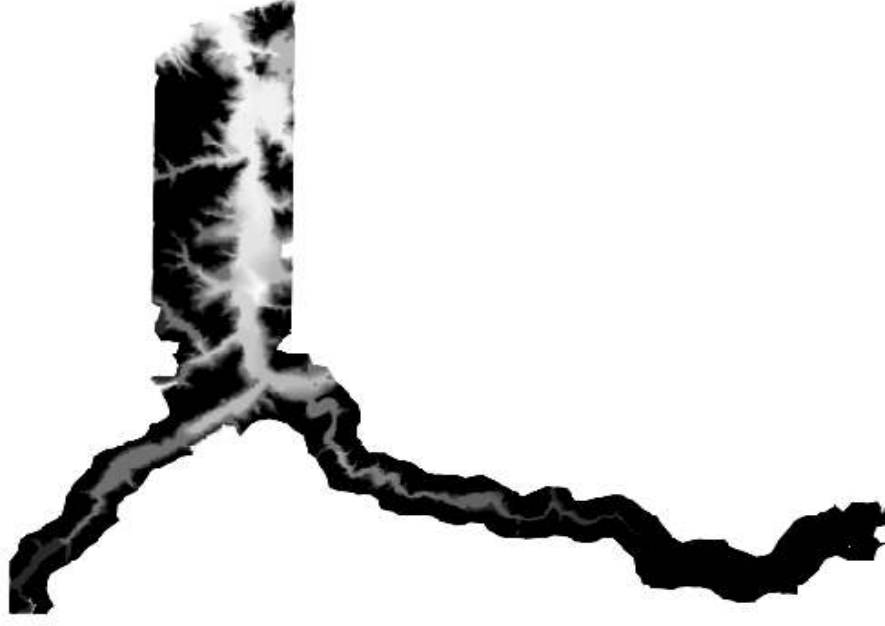
SAM’i X ve Y yönlerinde düzenli aralıklarla bölünmüş alanlarda ortak bir düşey datuma dayandırılmış Z yükseklik değerini içeren sayısal kartoğrafik bir arazi temsil yöntemi olarak da tanımlamak mümkündür. Bu tanımdan yola çıkarak SAM aynı zamanda fiziksel yeryüzünün eşit aralıklı yükseklik değerleriyle betimleyen sayısal bir gösterim şeklidir.

3.3.1 SAM Üretimi

Sayısal Arazi Modelleri (SAM) günümüzde çok çeşitli yöntemler kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu yöntemler yersel ölçme tekniklerine dayalı, fotogrametrik ya da uzaktan algılama teknolojilerine dayalı olarak ana 3 sınıf altında toplanabilmektedir.

3.3.1.1 Yersel Tekniklerle SAM Üretimi

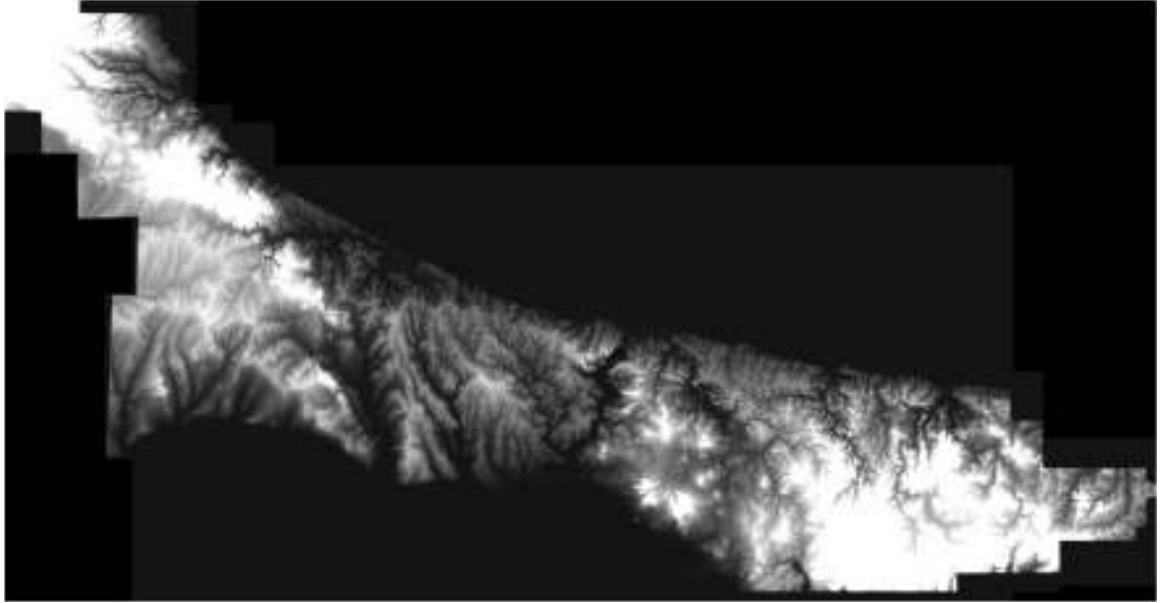
Yersel tekniklerle SAM üretiminde yersel ölçme aletleri kullanılmak suretiyle SAM’i oluşturulmak istenen topoğrafya üzerinden nokta nokta planimetrik konum ve yükseklik verisi toplanır ve bu verilere dayalı olarak arazinin eş yükseklik eğrisi içeren topoğrafik haritaları oluşturulur. Bu haritalara en güzel örnek, uzun yıllardan beri birçok haritacılık işinde çalışma altlığı olarak kullanılmış 1:25000 ölçekli standart topoğrafik memleket haritalarıdır. Bu teknikle SAM üretiminde, SAM’i üretilmek istenen alanın eş yükseklik eğrisi içeren herhangi bir ölçekteki topoğrafik haritası üzerindeki vektör veri, “contour to grid” dönüşümü ile sayısal veriye dönüştürülerek istenen bölgenin SAM’i eş yükseklik eğrilerinden yararlanılarak elde edilir.



Şekil 3.8: Topoğrafik Haritalardan Üretilen Filyos Çayı'nın SAM

3.3.1.2 Fotogrametri Tekniğiyle SAM Üretme

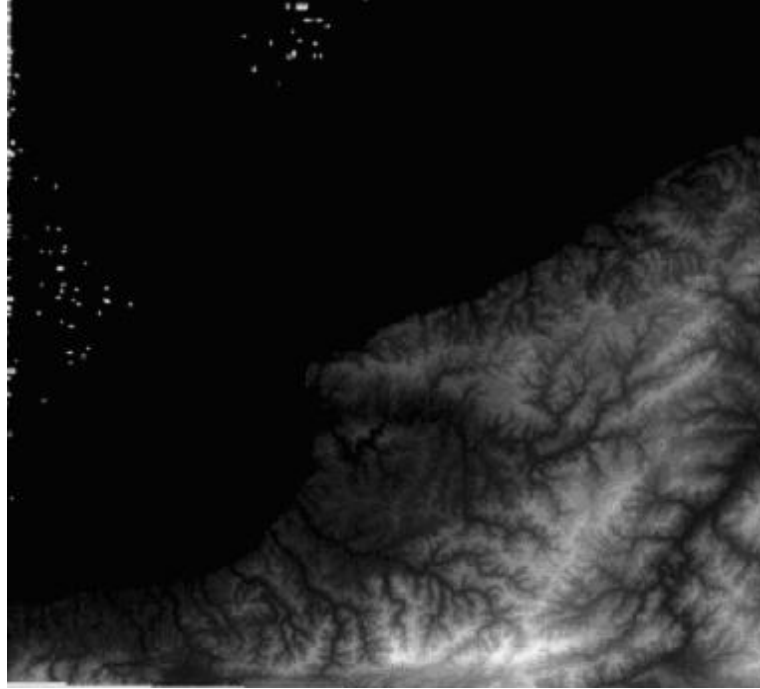
Fotogrametri tekniğiyle SAM üretimi, yapılan bir fotogrametrik uçuş sırasında çekilen hava fotoğraflarının stereo yani çiftli olarak değerlendirilmesi sonucunda aynı noktalara ait 3 boyutlu yükseklik bilgisi tayini ile yapılmaktadır.



Şekil 3.9: Fotogrametri Tekniğiyle Üretilmiş İstanbul İlinin SAM [38]

3.3.1.3 Uzaktan Algılama Tekniğiyle SAM Üretimi

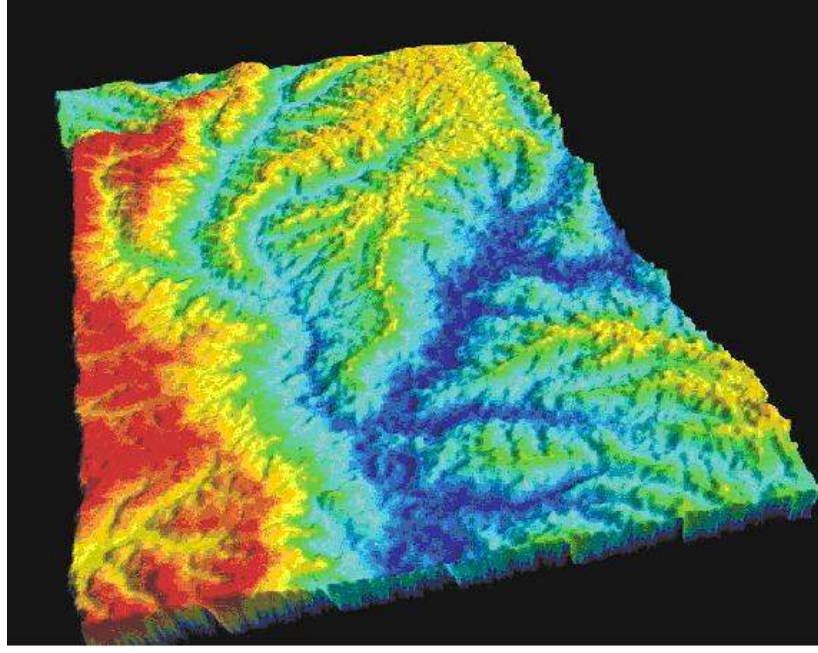
Uzaktan Algılama tekniğiyle SYM üretimi birkaç farklı şekilde yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları, stereo görüntü çiftlerinden SAM üretimi, son günlerde büyük gelişme gösteren Lazer Tarama (LIDAR) tekniğiyle SAM üretimi, RADAR Interferometri (InSAR) tekniğiyle SAM üretimi olarak sıralanabilir. RADAR Interferometri (InSAR) teknikle SAM üretimi eş zamanlı olarak aynı bölgeye ait farklı açılardan görüntü alımı yapan 2 adet Yapay Açıklıklı RADAR'ın (SAR) 3 boyutlu yükseklik bilgisi sağlaması sonucu yapılır.



Şekil 3.10: UA Tekniğiyle Üretilmiş Zonguldak İlinin SAM[36]

3.3.2 SAM Kullanım Alanları

Günümüzde Sayısal Arazi Modelleri (SAM), özellikle sivil amaçlı çalışmaların mühendislik, coğrafi bilgi sistemleri, doğal kaynakların yönetimi, proje planlama çalışmaları gibi birçok alanında kullanılmaktadır.



Şekil 3.11: SYM [36]

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin geliştirilmesine paralel olarak Sayısal Arazi Modellerinin (SAM) çeşitli alanlar için oluşturulması ve kullanımı daha da kolaylaşmıştır. Bir sayısal arazi modeli yeryüzünün sürekli bir biçimde değişen topografik yüzeyini göstermek için uygun bir yapıdır. Bu model arazi analizleri ve diğer 3 boyutlu uygulamalar için genel bir veri kaynağıdır. Genel arazi özelliklerinden olan arazi eğimi, arazi bakışı, arazi eğriliği, havza alanı, eğim uzunluğu gibi özellikler SAM'den kolaylıklar belirlenebilir.

Oldukça fazla uygulama alanları vardır:

- Arazi tanımlaması, nokta yükseklikleri, eğim, mesafe sorgulamaları
- Çevresel analizler
- Hidrolojik etmenlerin modellenmesi
- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)
- Kentsel planlama
- Afet yönetimi

- Orman yangınları
- Sel yönetimi
- Deprem analizleri
- Erozyon kontrolü
- Tarım
- Kontur çizgisi (eş yükseklik eğrisi) üretme
- Askeri uygulamalar
- Mühendislik alanlarında (Yollar, kanallar, barajlar, tüneller v.s için yer seçimi)

3.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

3.4.1 Bilgi Sistemi Nedir?

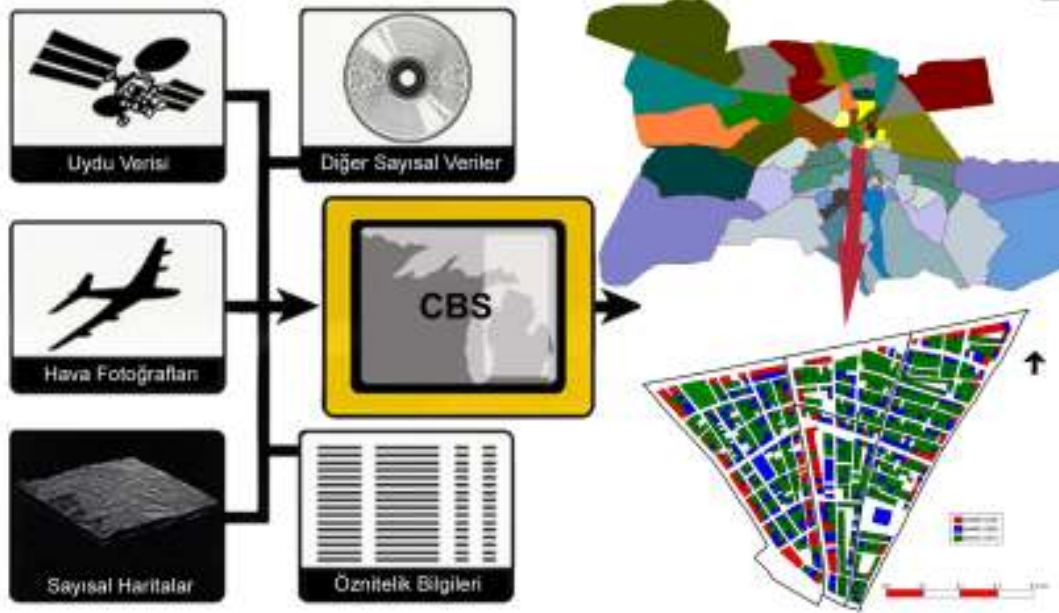
Bilginin toplanıp işlenmesi ve kullanılabilir hale dönüştürülmesi için belli bir sistemin var olması gerekir. Bu amaçla kurulan sistemlere genellikle bilgi sistemleri denilmektedir[49]. Ayrıca bilgi sistemi, organizasyonların yönetsel fonksiyonlarını desteklemek amacı ile bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olarak tanımlanır[39]. Dolayısıyla bilgi sistemi, bilgiye kolayca ulaşım, bilgiyi daha verimli kullanabilmek için oluşturulan bir sistemdir[40].

3.4.2 Coğrafi Bilgi Sistemi

CBS; konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir[39]. CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden ayırmak ve tanımlamak için 4 temel yaklaşım olduğu ileri sürülmektedir [41]:

- İşleme ya da fonksiyona yönelim

- Uygulama (aplikasyon)
- Toolbox (teknoloji)
- Veri tabanı



Şekil 3.12: Basit Anlamada CBS [42]

3.4.3 CBS ve Diğer Bilgi Sistemleri

CBS' deki hızlı gelişme ile bazı veri toplama ve işleme tekniklerinin gelişimi arasında bir bağlantı olduğu ileri sürülüp, buna bazı konumsal veri işleme sistemleri örnek verilmektedir.

- Bilgisayar destekli tasarım
- Bilgisayar destekli kartoğrafya
- Veri tabanı yönetim sistemi
- Uzaktan algılama

Bu sistemlerin bazı özellikleri, CBS bünyesinde toplanarak disiplinler arası bir teknik ortaya çıkmıştır. CBS nin bu sistemlere göre bir üstünlüğü vardır ki; o da coğrafi analizi gerçekleştirebilme yeteneğidir. Özellikle grafik ve grafik olmayan veri

tabanlarının birbiriyle olan etkileşimi kullanıcıya çok yönlü çözümler sunarak CBS'yi diğer klasik sistemlerden farklı kılar. Diğer sistemlerin CBS ile birçok ortak yönü vardır. CBS, bir anlamda bu sistemlerin gelişmesiyle ortaya çıkmıştır ve ayrıca bir çok yönüyle bu sistemlerden esinlenmiştir[39].

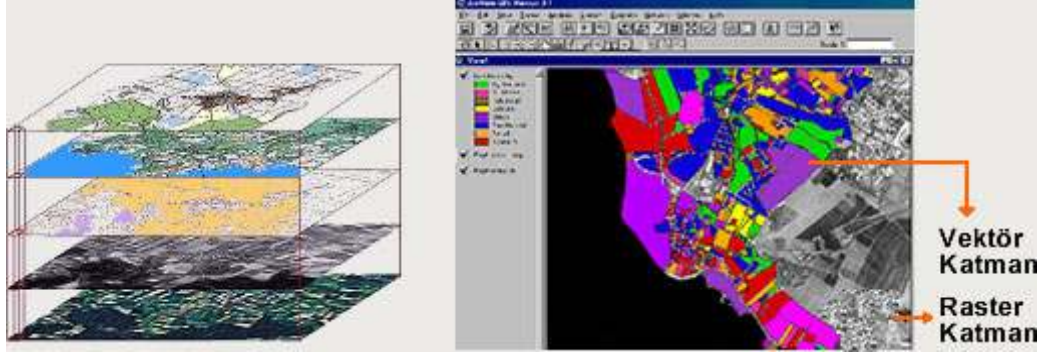


Şekil 3.13: Konumsal Veri İşleme Teknikleri ve CBS Arasındaki İlişki[39]

3.4.4 CBS Nasıl Çalışır?

Vektörel veri modelinde, nokta, çizgi ve poligonlar koordinat değerleriyle kodlanarak depolanır. Münferit bir obje tek bir koordinat (x,y) ile tanımlanırken, çizgisel bir obje (yol, nehir vb.) birbirini izleyen bir dizi koordinat çifti serisi şeklinde saklanır. Poligon özelliğine sahip objelere örnek olarak imar adası, orman alanı veya göl gösterilebilir. *Raster* veri modelleri, daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafik varlıklar için kullanılmaktadır. Fotoğraf görüntüsüne sahip raster modeller genellikle uydu görüntüsü, fotoğraf ya da haritaların taranmasıyla elde edilmektedirler. Günümüzde veri ve raster model birlikte kullanılmaktadır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin doğru bir şekilde çalışması, veri toplama, veri yönetimi, veri işlem ve veri sunumu işlevlerine bağlıdır[39]

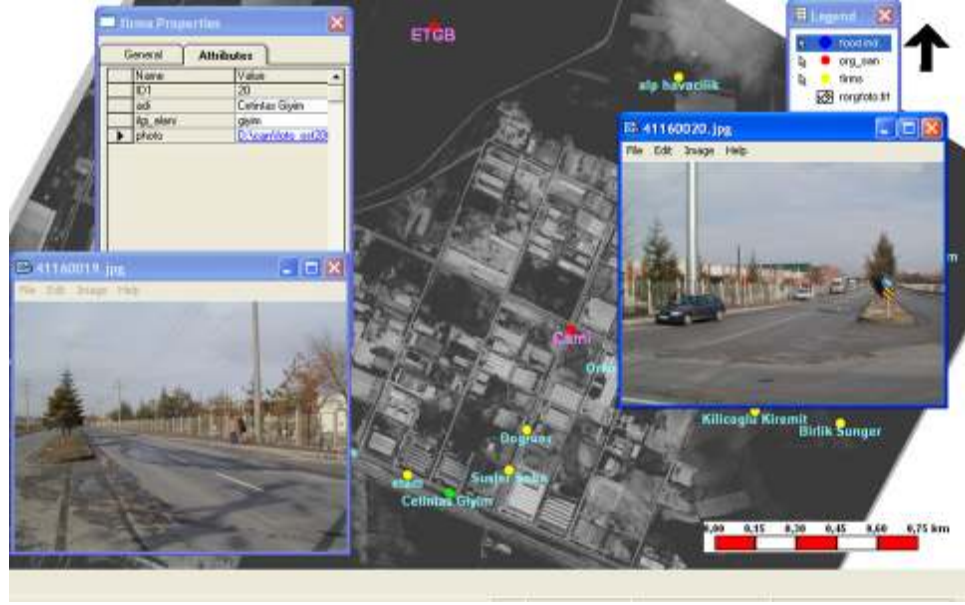


Şekil 3.14: CBS Katmanları[34]

Geometrik veri ile veritabanında tutulan sözel veriler ilişkilidir. Bu sayede hem grafik hem de yazılı bilginin sorgulaması sağlanır. Sonuçlar geometrik metin, grafik veya istatistik bilgi gibi farklı formatlarda raporlanabilmektedir.



Şekil 3.15: Vektör ve Grafik veriler[33]



Şekil 3.16: CBS Verileri Örneği[17]

3.5 Kullanılan Veriler

3.5.1 Yazılım

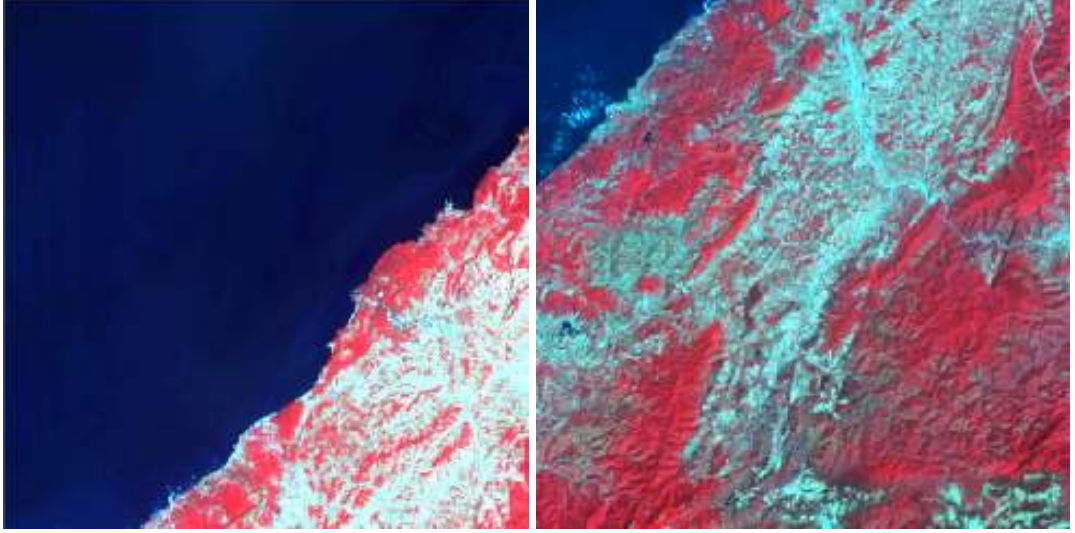
Görüntülerin işlenmesi ve değerlendirilmesi için ERDAS IMAGINE 8.6 yazılımı, haritaların sayısallaştırılması için AUTOCAD 2004 ve 3B model oluşturmak için ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.

3.5.2 Grafik Veri

3.5.2.1 Uydu Görüntüleri

Spot ürünleri, dünyadaki doğal kaynakların ve diğer faaliyetlerin ölçülmesinde, izlenmesinde, tespit edilmesinde ve yönetiminde tamamlayıcı nitelikte bir bilgi kaynağıdır. 4 Mayıs 2002'de fırlatılan Spot 5 uydusu görüntüleri, savunma, haritacılık, şehir planlama, telekom, tarımsal ürün yönetimi ve çevresel izleme de dahil olmak üzere bir dizi uygulama için değerli bir kartografik referanstır.

Çalışma kapsamında 6 Ağustos 2006 çekim tarihli, 10 m uzaysal çözünürlüklü çok spektrumlu SPOT 5 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca bölgenin bir kısmına ait 1 m çözünürlüklü IKONOS görüntüleri de kısmen kullanılmıştır.



Şekil 3.17: SPOT XS Uydu Görüntüsü



Şekil 3.18: IKONOS Uydu Görüntüsü

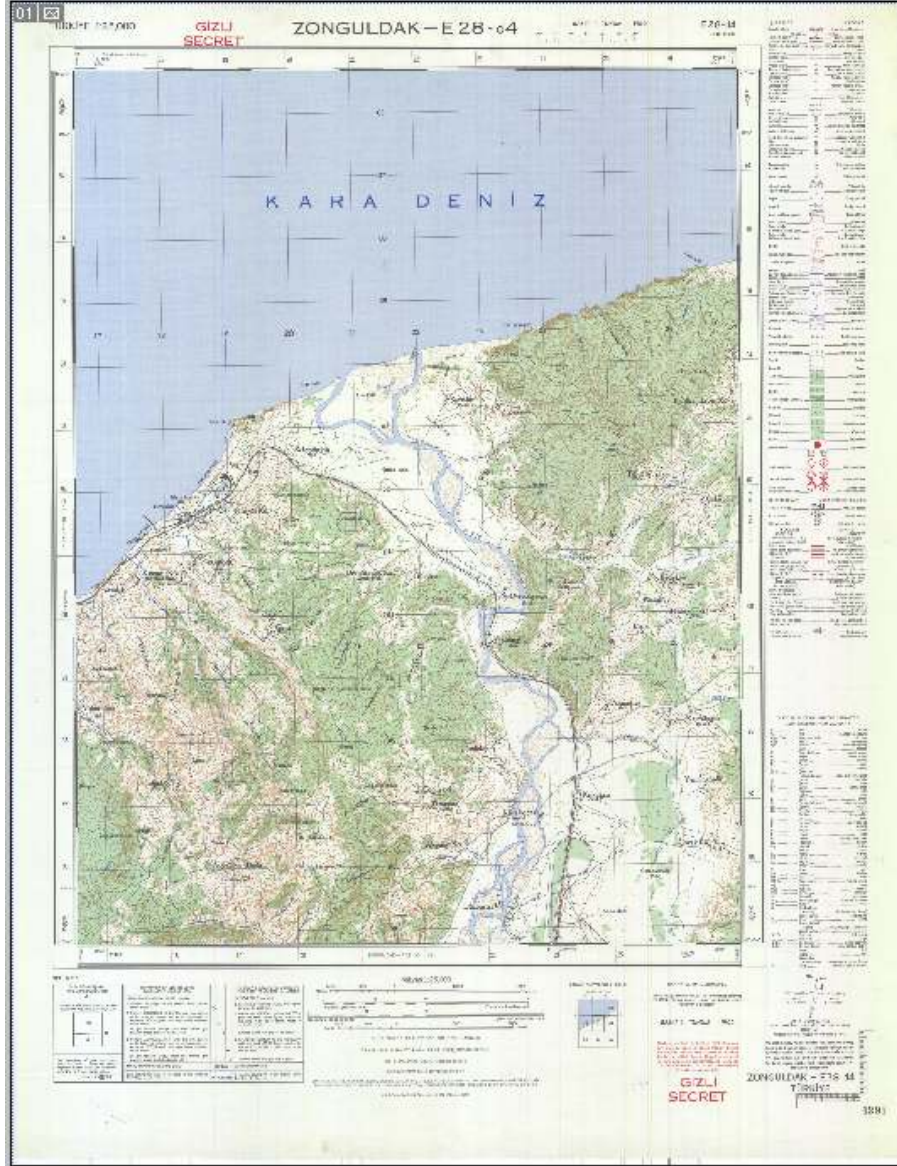
3.5.2.2 Haritalar

Bilindiği gibi günümüzde 1:25000 ölçekli standart topoğrafik memleket haritaları halen güncelliği korumakta birçok alanda kullanılmaktadır. Harita Genel Komutanlığı'nda sayısal fotogrametrik sistemler kullanılarak, stereo hava fotoğrafı çiftinden toplanan 1:25000 ölçekli fotogrametrik vektör veriler üzerinde, kıymetlendirme operatörleri ve bütünleme personeli tarafından fotogrametrik düzenlemeler (birleştirme, alan kapatma, detay kesişimi, fazlalıkların atılması, eksikliklerin tamamlanması vb.) yapılmakta ve detaylar arası ilişkiler tanımlanmaktadır.

Bu alışmada SYM üretmek için bölgeye ait 1:25000 ölçekli 10 adet topoğrafik harita kullanılmıştır.

ZONGULDAK'a ait olan ve projede kullanılan pafta numaraları:

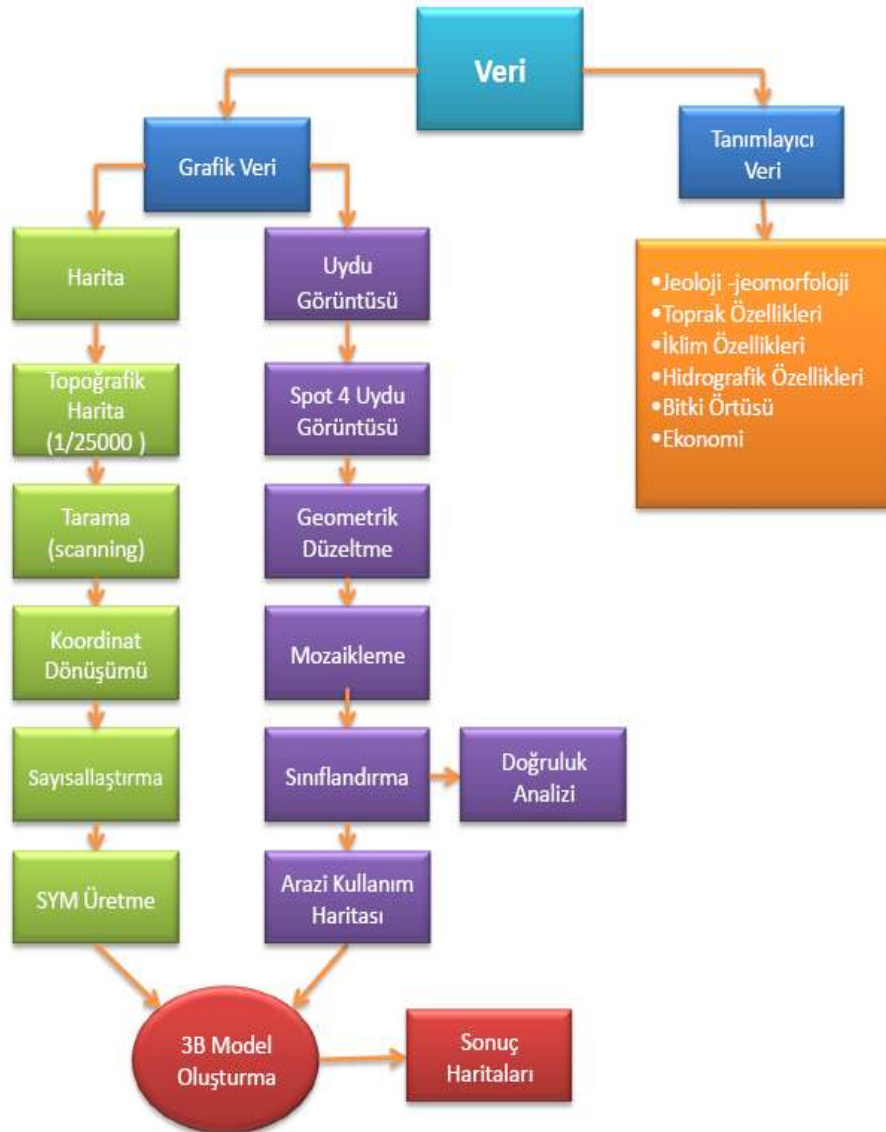
E 28-d4, F 27-c2, F 28-a1, F 28-a3, F 28-a4, F 28-c1, F 28-c2, F 28-d2, F 29-d1, F 29-d2 Őeklinindedir.



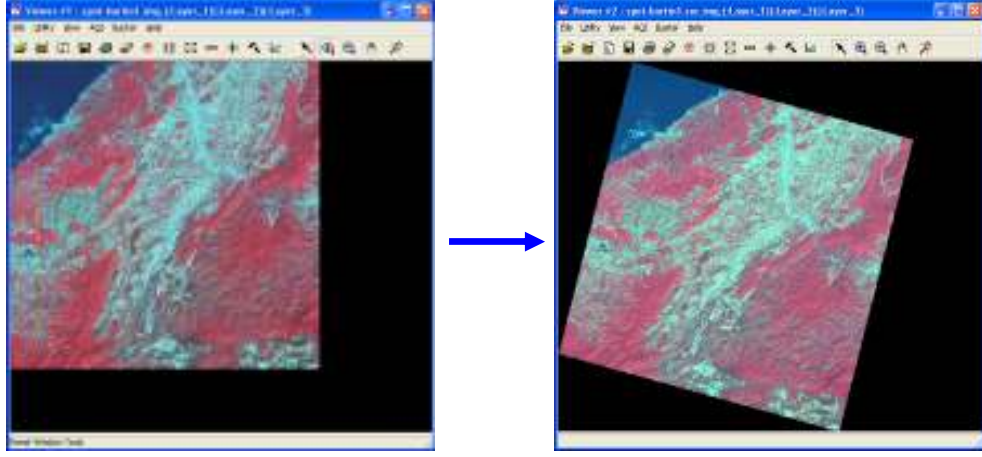
Şekil 3.19: Taranmış 1/25000 Ölçekli Topoğrafik Harita

4. UYGULAMA

Projede izlenecek yol ve yöntemler belirlenerek iş akış diyagramı oluşturularak bu diyagrama göre uygulama alanı üzerinde çalışılmıştır.



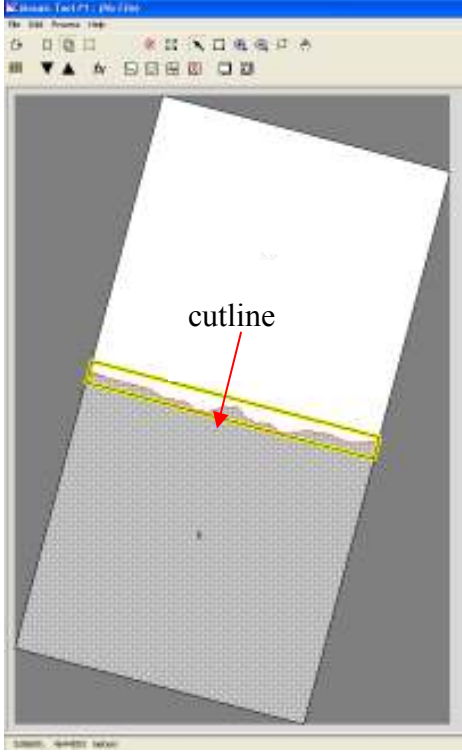
Şekil 4.1: İş Akış Diyagramı



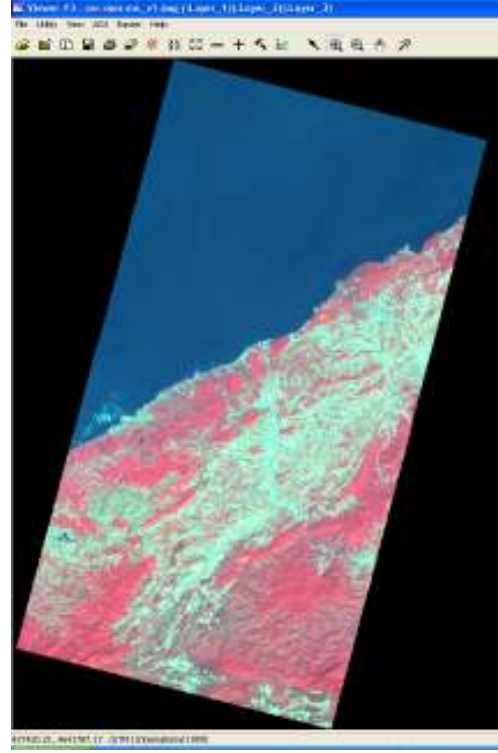
Şekil 4.3: a-Geometrik Düzeltilmemiş Görüntü, b-Geometrik Düzeltilmiş Görüntü

4.2 Görüntülerin Mozaiklenmesi

Proje alanına ait tek parça bir görüntünün elde edilebilmesi için rektifiye edilen görüntülerin mozaiklenmesi gerekmektedir. Görüntülerin rektifikasyonundan sonra mozaikleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun için Erdas yazılımının “mosaic images” özelliğinden faydalanılmıştır. Mozaik işleminde iki görüntüye ait kesişim bölgesinden sonuç görüntüsünün, ne kadarının hangi görüntüden alınacağını belirlemek için “Cutline” çizmek gerekmektedir. Böylelikle renk değerleri tam olarak dengelenmemiş görüntülerin geçişlerindeki renk farklılıklarının daha az hissedilmesi sağlanabilmektedir. Kesişim alanı boyunca görüntü geçişlerini kamufle edecek şekilde cutline çizilmiştir ve bu cutline sınır alınacak şekilde iki görüntü birleştirilmiştir.



Şekil 4.4: Mozaikleme Prosedürü

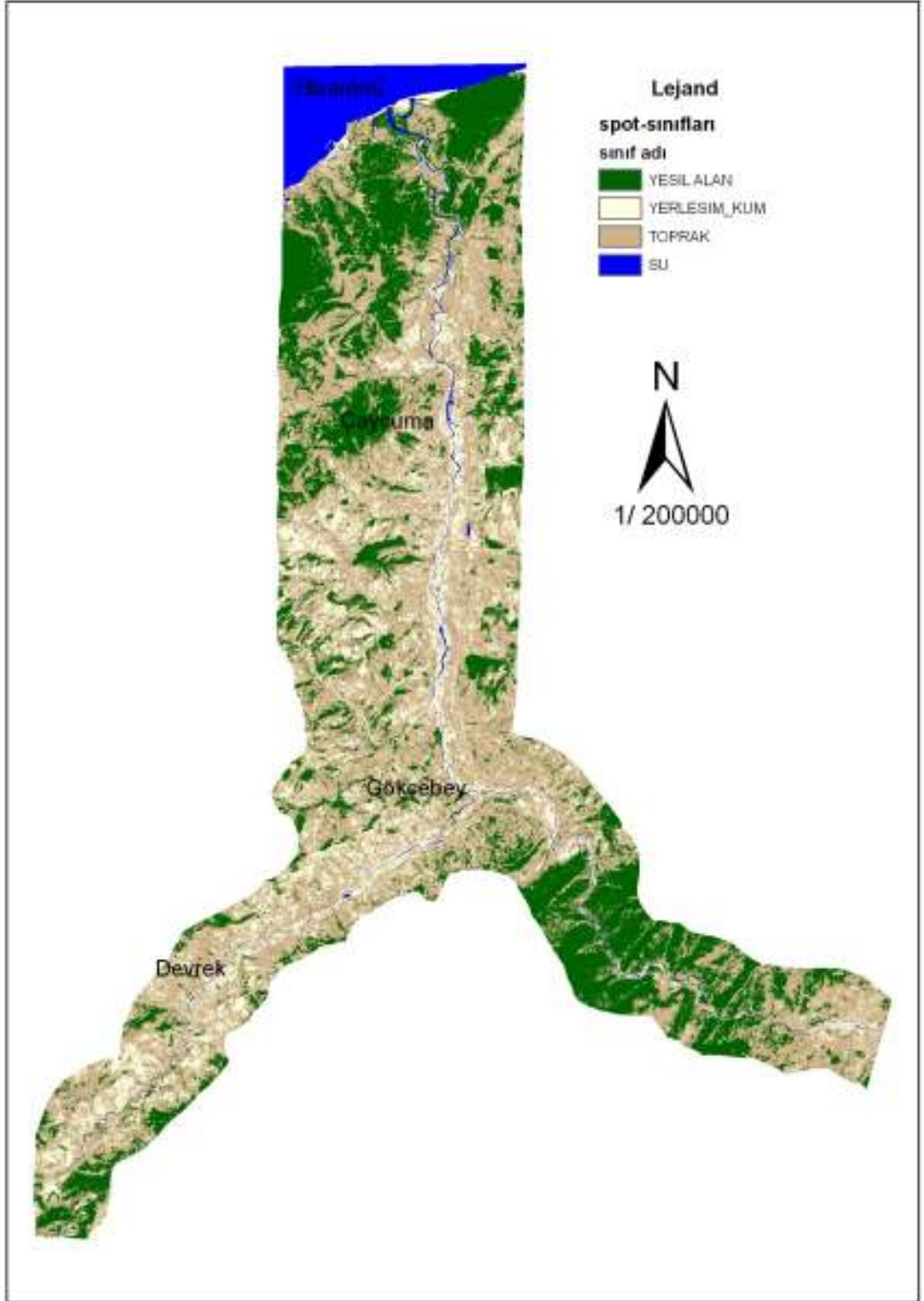


Şekil 4.5: Mozaiklenmiş Görüntü

4.3 Görüntülerin Sınıflandırılması

Sınıflandırma yapmadaki amaç, aynı spektral özellikleri taşıyan nesnelere gruplandırmaktır. Bu çalışmada kontrolsüz (ISODATA) sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. 10 yansıtım kümesi oluşturularak ve 10 iterasyonla sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Sonuçta YERLEŞİM_KUM, YEŞİL ALAN, TOPRAK ve SU olmak üzere 4 ana sınıf meydana çıkmıştır. Bu gruplara renkler atanarak bölgenin tematik görünümü elde edilmiştir. Buna göre koyu yeşil renk: YEŞİL ALAN, koyu mavi renk: SU, beyaz renk: YERLEŞİM_KUM ve siyah rengi: TOPRAK sınıfının rengi olarak tanımlanmıştır. Yansıma değerlerinin birbirine yakın olması nedeniyle Yerleşim ve kum sınıfları birbirinden ayıramamıştır.

Sınıflandırma sonucuna göre; SU sınıfı 26.74 km², YEŞİL ALAN sınıfı 162.84km², TOPRAK sınıfı 287.74 km², YERLEŞİM_KUM sınıfı 89.25 km²lik bir alanı kaplamaktadır.



Şekil 4.6: Sınıflandırma Sonucu Oluşturulan Arazi Kullanım Haritası

4.4 Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Sınıflandırma doğruluğu 100 tane örnek nokta ile yapılmış ve sonuçlar hata matrisiyle gösterilmiştir (Tablo). Örnek noktaların dağılımı rastgele seçilmiştir. Sınıflandırma sonucu genel doğruluk % 85 çıkmıştır. Doğruluk sonucunu düşüren etken, YERLEŞİM_KUM sınıfı yansıtım değerlerinin birbirine çok yakın olması ile açıklanmaktadır; bu da genel doğruluğu doğrudan etkilemektedir.

Tablo 4.1: Sınıflandırma hata matrisi

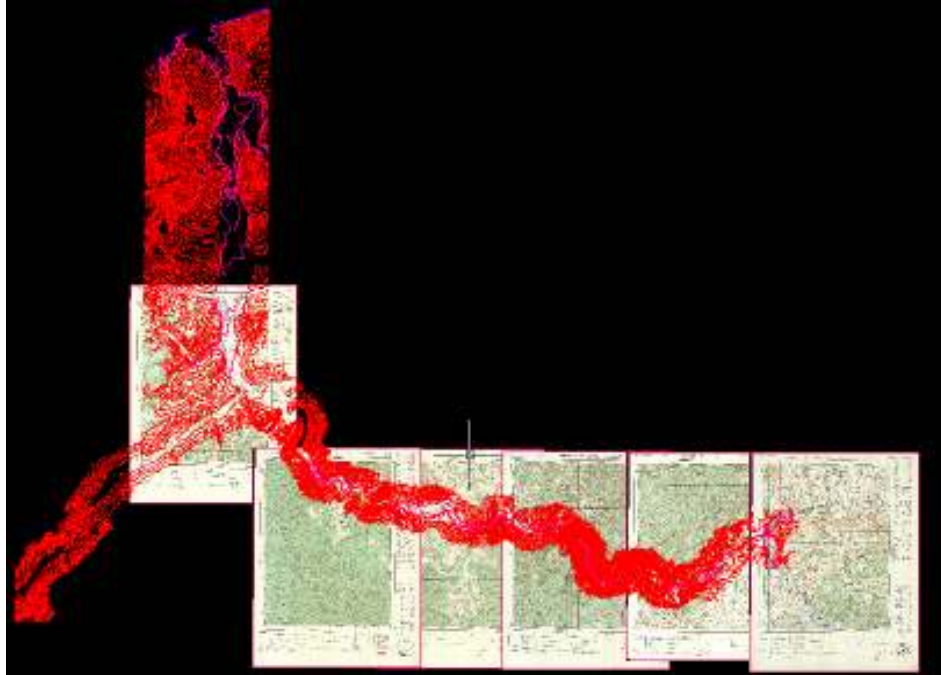
SINIF ADI	SU	YESİL ALAN	TOPRAK	YERLESIM_KUM	TOPLAM
SU	25	0	0	0	25
YESİL ALAN	0	24	1	0	25
TOPRAK	0	4	21	0	25
YERLESIM_KUM	0	0	10	15	25
TOPLAM	25	28	32	15	100

Tablo 4.2: Sınıflandırma doğruluk yüzdeleri

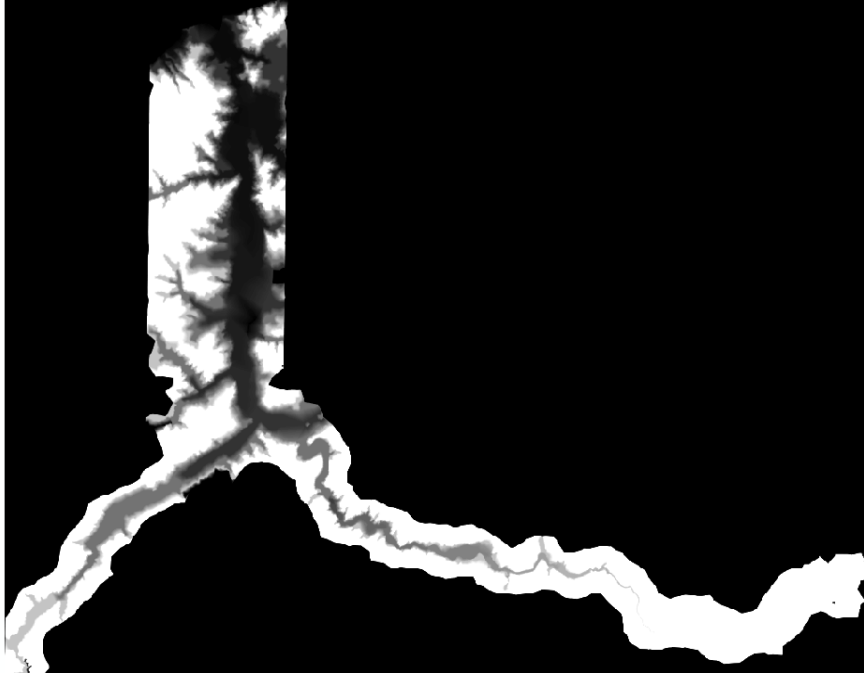
SINIF ADI	REFERANS	SINIF	DOĞRU	ÜRETİCİ DOĞRULUĞU (%)	KULLANICI DOĞRULUĞU (%)
SU	25	25	25	100.00	100.00
YESİL ALAN	28	25	24	87.71	96.00
TOPRAK	32	25	21	65.63	84.00
YERLESIM_KUM	15	25	15	100.00	60.00
TOPLAM	100	100	85	88	85

4.5 Sayısal Arazi Modeli Üretme

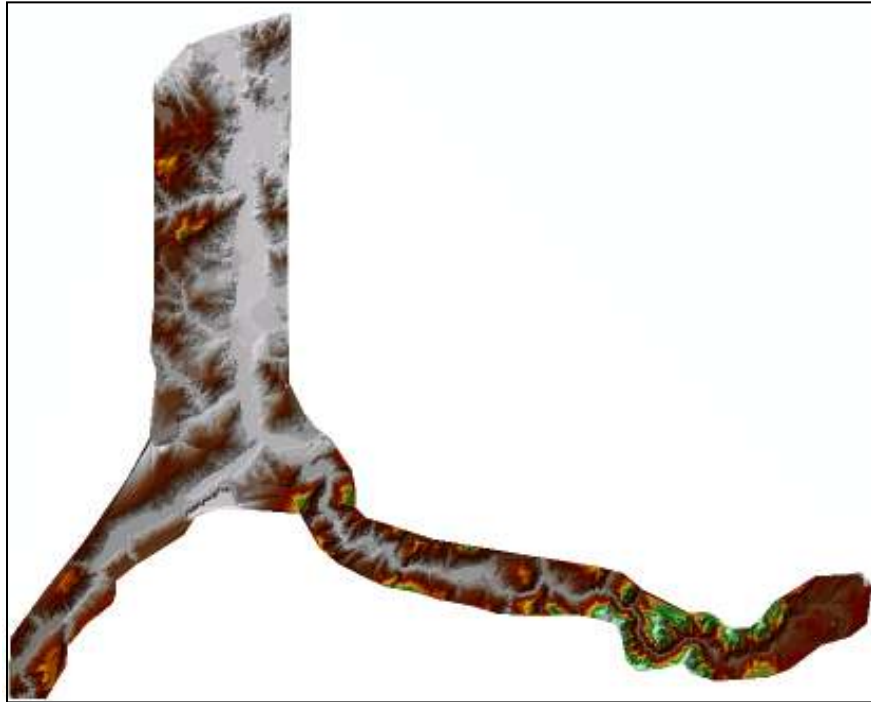
SAM oluşturmadaki amaç, arazi topografyasını 3 boyutlu bir model olarak görmektir. Bölgenin tamamını gezip görmek mümkün olmayacağından böyle bir model oluşturularak çalışma alanının yer şekilleri hakkında sayısal bir model elde edilmiştir. SAM oluşturmak için Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilmiş 1/25000 lik topoğrafik haritalar taranarak sayısal ortama aktarılmıştır. Daha sonra *.tiff formatındaki bu paftalar çalışma koordinat sistemi (UTM) ve datumuna (ED 50) getirilmiştir. Paftalar autocad ortamında açılarak üzerinden yükseklik değerlerini elde etmek amaçlı, eş yükselti eğrilerinin sayısallaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Filyos Nehrinin denize döküldüğü Hisarönü bölgesinden itibaren nehir yatağı eksen alınarak sağ ve sol tarafa 3 km içeri girilerek bölgedeki eş yükselti eğrileri sayısallaştırılmıştır. Nehir yatağının sağından ve solundan 3 km lik buffer seçilmesinin sebebi nehir yatağının bulunduğu düzlükle birlikte vadi profilinin çıkarılmasıdır.



Şekil 4.7: Çalışma Alanının Sayısallaştırma Sonucu Yükseklik Eğrileri



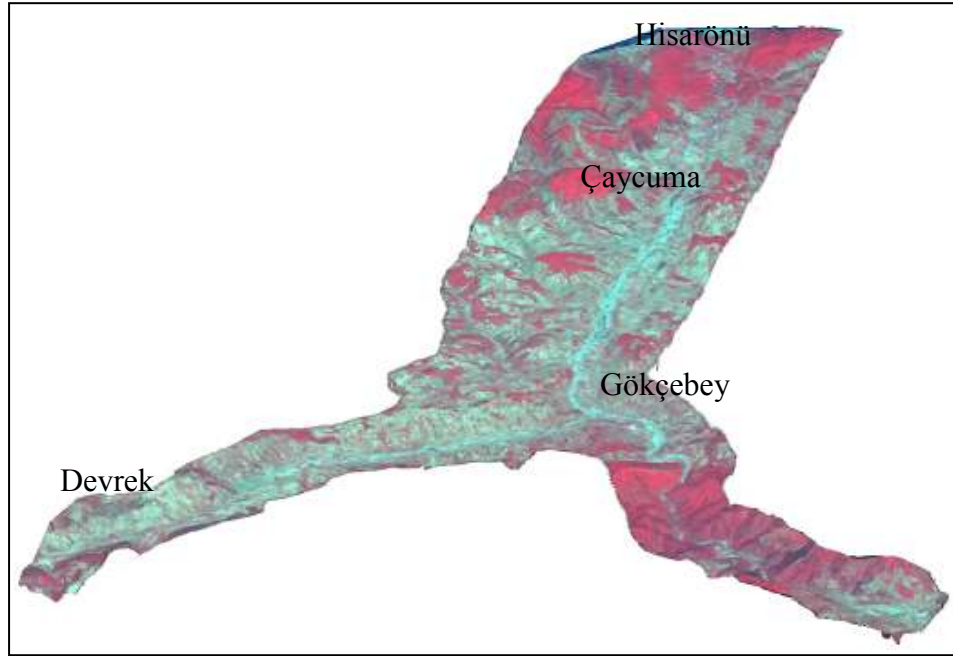
Şekil 4.8: Çalışma Alanına Ait SAM



Şekil 4.9: SAM Tematik Gösterimi

4.6 3B Model Oluşturma

SAM üzerine uydu görüntülerinin giydirilmesi sonucu bölgenin 3B topografya modeli oluşturulmuştur. Bu işlem Spot ve İkonos uydu görüntüleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Uzaysal znrlğ 1 m olan ikonos uydu görüntüleriyle oluşturulan 3B modelin daha iyi kalitede olduğu grlmektedir. Bunun sebebi çözünürlüğü düşük olan görüntünün SAM ye giydirilirken piksel değerlerindeki deformasyonun daha belirgin Şekilde seçilebilmesidir. Fakat bölgenin tamamına ait ikonos görüntüleri temin edilmediğinden spot görüntüleri üzerinde uygulama yapılmıştır.



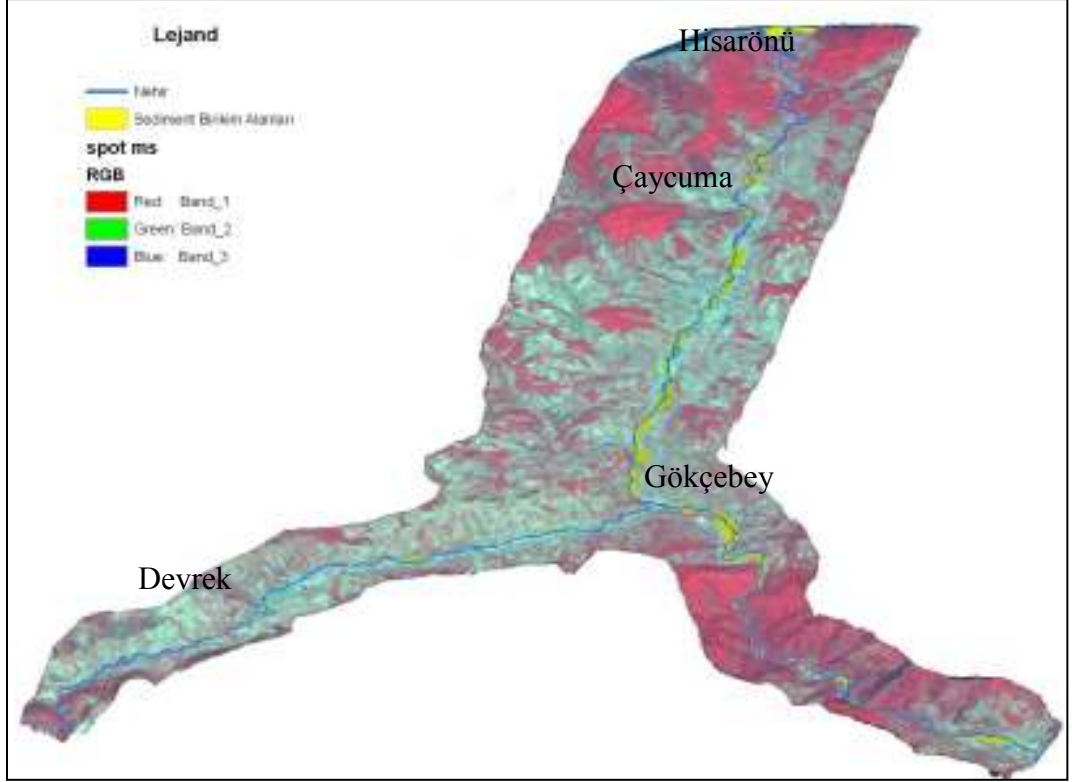
Şekil 4.10: Spot Görüntüsüyle Oluşturulan 3B Model



Şekil 4.11: İkonos Görüntüsüyle Oluşturulan 3B Model

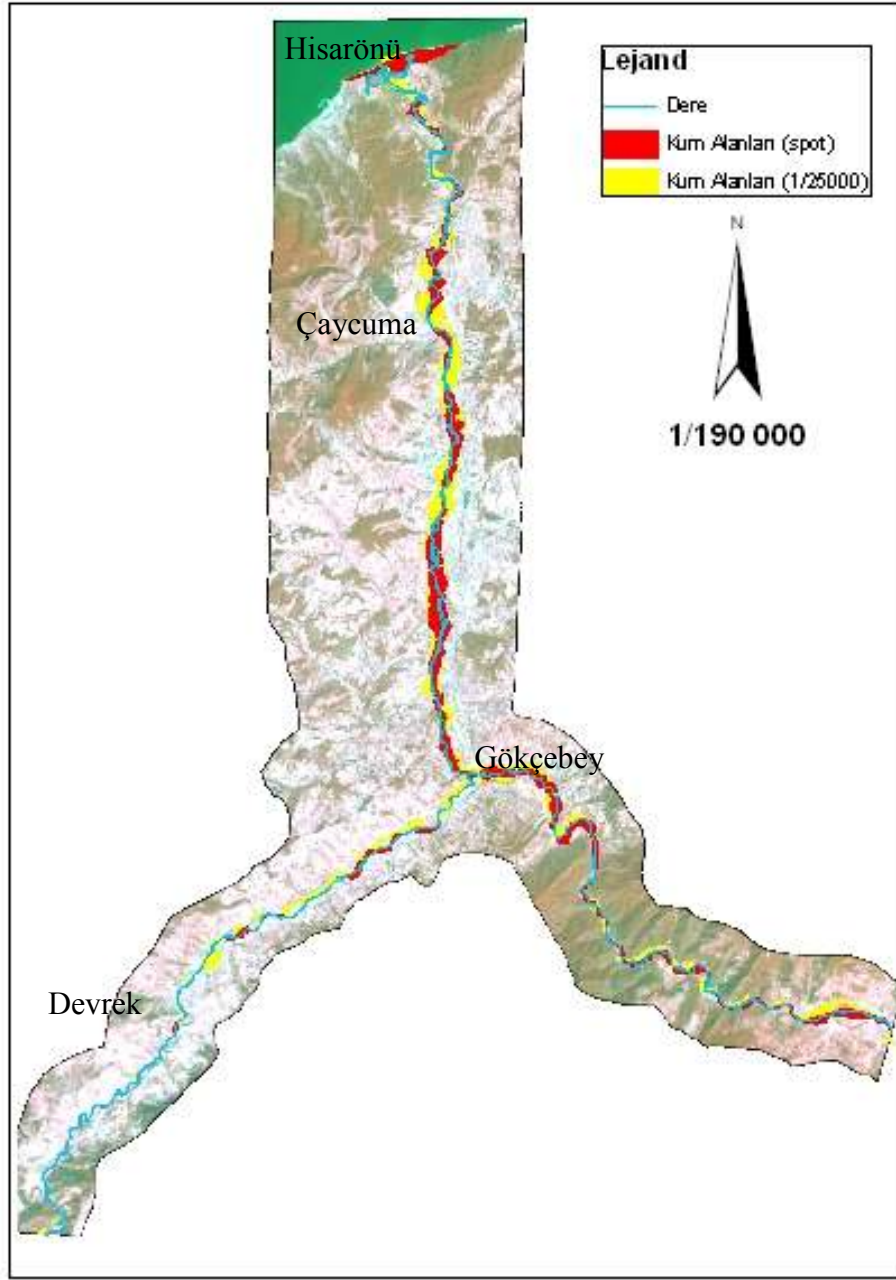
4.7 Sediment Birikim Alanlarının Sayısallaştırılması

Spot görüntüleri ve 1/25000 lik haritalar kullanılarak sayısallaştırılan, nehir yatağı boyunca oluşmuş kum birikim alanları ve nehir yatağı vektör olarak elde edilmiştir. Uydu görüntüleriyle ve 3 boyutlu modelle entegre edilip bölgenin topografyası üzerinde nehir yatağının durumu ve kum birikim alanlarının yoğunluğunun dağılımı gösterilmiştir. Raster verinin üzerine bindirilen vektör veriyle bölgenin tematik haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 4.12: Sediment Birikim Alanları ve Nehrin 3B Modelle Entegrasyonu

Sonuçta 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalardan bulunan toplam sediment alanı, 16,26 km² ve spot uydu görüntüsünden sayısallaştırılan toplam sediment alanı ise 10,87 km² olarak bulunmuştur. 1956 yılına ait hava fotoğraflarından elde edilen topoğrafik haritalardan elde edilen sediment alanlarının 2006 yılında alınmış spot görüntülerindekinden daha fazla olduğu görülmektedir.



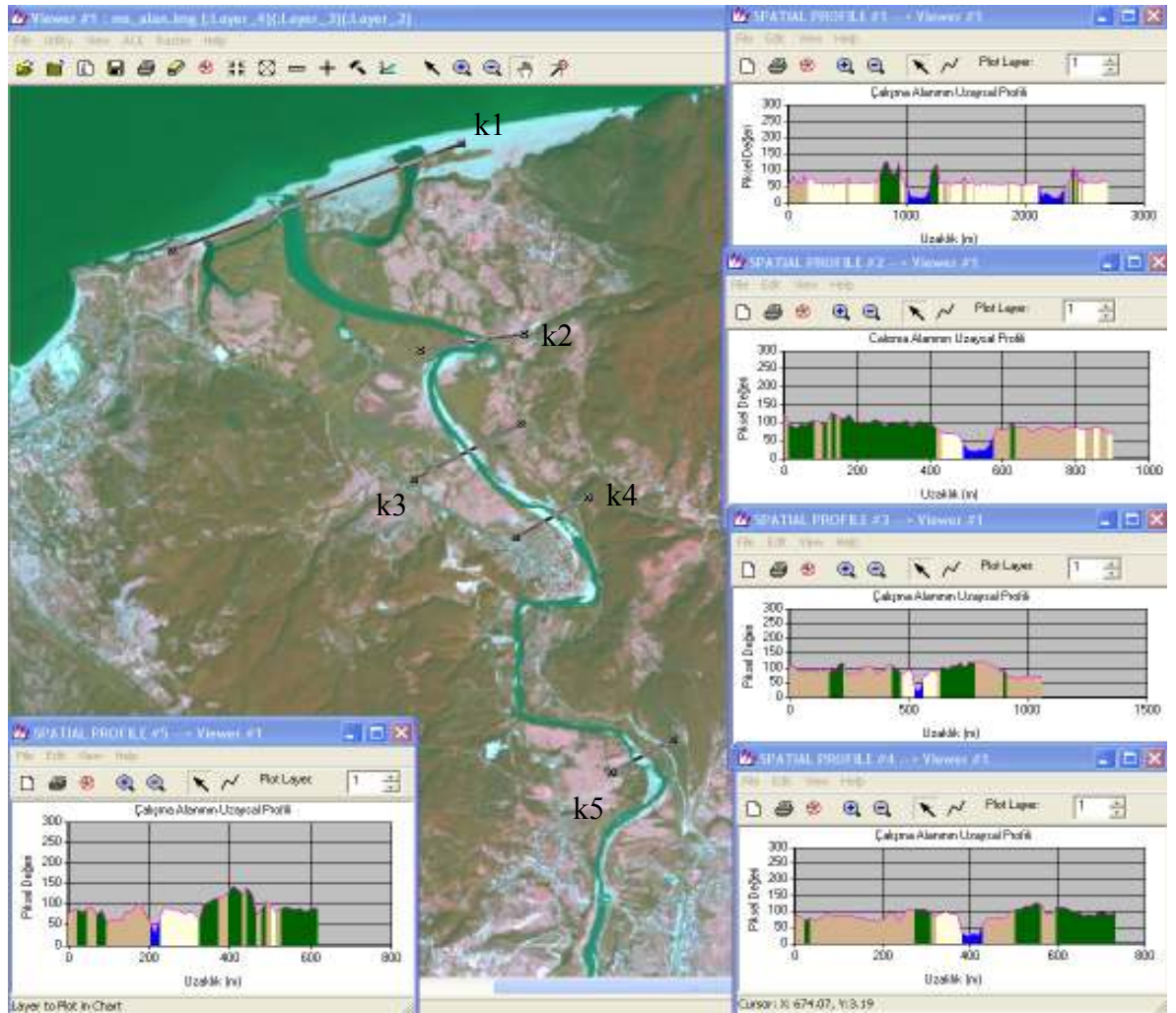
Şekil 4.13: Spot Üzerinden ve Haritadan Sayısallaştırılan Kum Alanları

4.8 Kesitlerin Alınması

4.8.1 Spektral Profiller

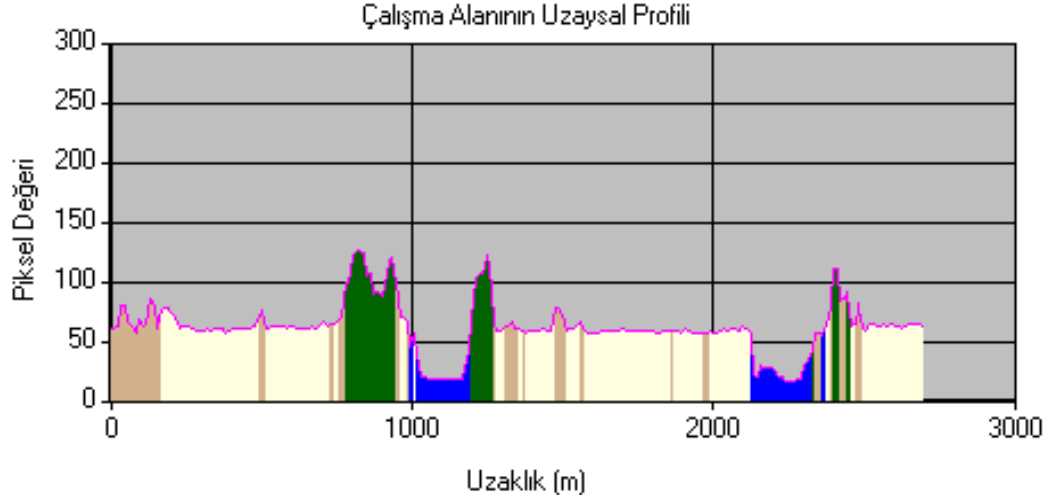
Uydu görüntülerinden alınan spektral profiller sayesinde istediğimiz bölgedeki arazi karakteristiği kolaylıkla belirlenebilmektedir. Vadi boyunca akarsuyu dik kesecek şekilde alınan profilleri inceleyerek nehir yatağının geçtiği düzlüğün genişliği ve vadi topografyası ortaya çıkartılmıştır.

Kesitlerle birleştirilen sınıflandırılmış görüntü sayesinde akarsuyun yatağı etrafında ne kadar kum alanının oluştuğu belirlenebilmektedir. Sınıflandırılmış görüntüde, mavi: akarsu, koyu yeşil: yeşil alanları, sarı: kum birikim alanları ve kahve: toprak alanlarını ifade etmektedir.



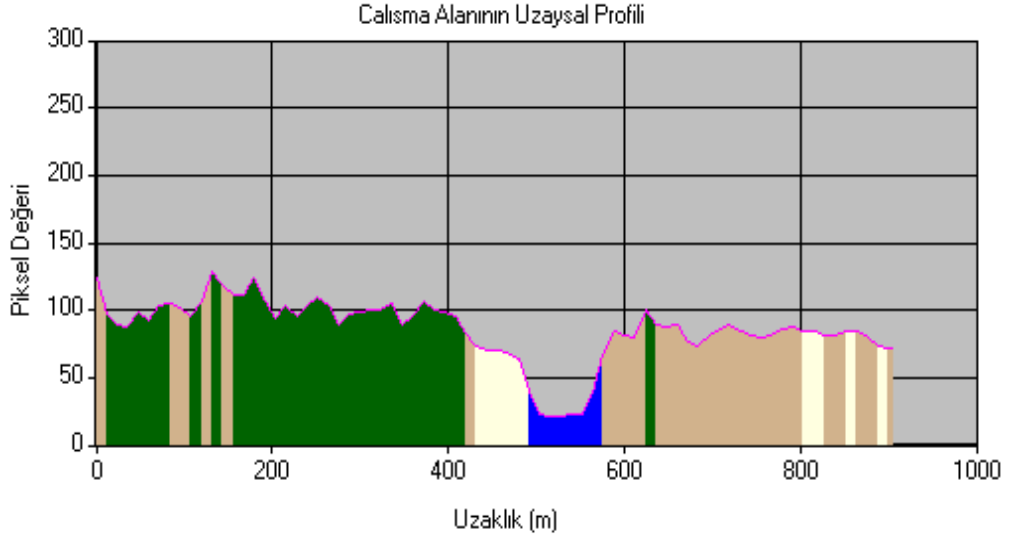
Şekil 4.13: Hisarönü'den İtibaren İlk 5 Kesit ve Yerleri

1 numaralı profil (k1): Hisarönü bölgesindeki akarsuyun denize döküldüğü mansaptan alınan bu kesit profiline baktığımızda, nehrin burada iki geniş kola ayrıldığı görülmektedir. İki kol arasında (yaklaşık 2 km) kum birikim alanı olduğu saptanmaktadır (Şekil 4.14). Bilindiği gibi zaten bu alan Hisarönü plajı olarak kullanılmaktadır.



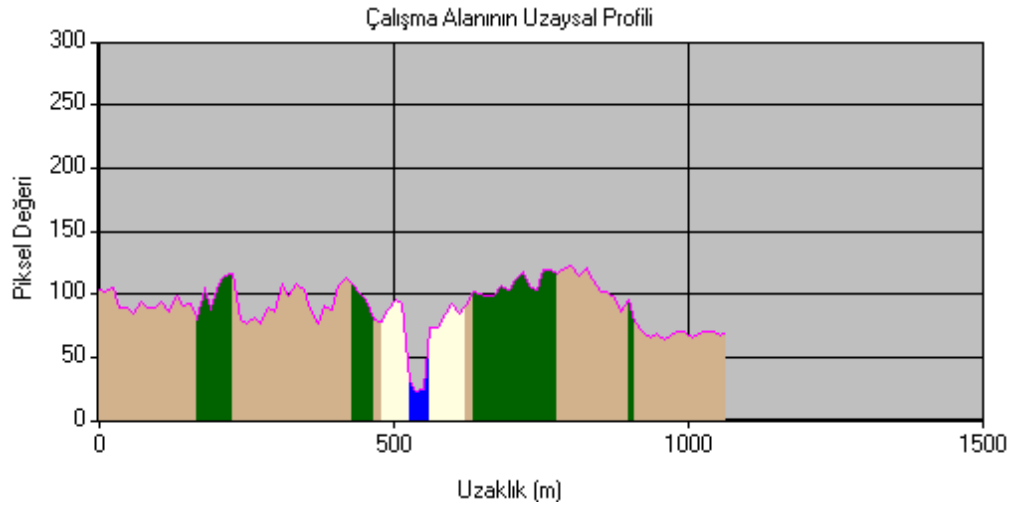
Şekil 4.14: 1 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili

2 numaralı profil (k2): Kesitin uydu görüntüsündeki yerine baktığımızda nehrin oluşturduğu kıvrım arasında biriken kum gözlenebilmektedir. Fakat profilden, nehirden yaklaşık 75m uzaklığa kadar bir kum birikim alanı olduğu görülmektedir (Şekil 4.15). Akarsuyun, o bölgede oluşturduğu menderes formundan kaynaklanan bir birikim alanı olduğu düşünülebilir.



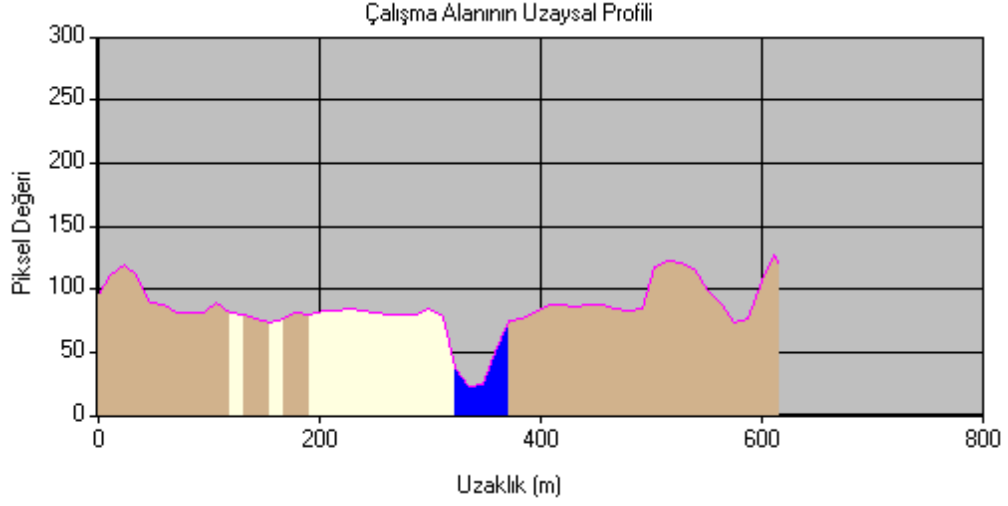
Şekil 4.15: 2 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili

3 numaralı profil (k3): Görüntüden fark edildiği üzere nehir yatağının her iki tarafında sediment alanı oluşmuştur. Bu alanlar akarsuyun sağında ve solunda yaklaşık 50 şer m genişliğindedir (Şekil 4.16).



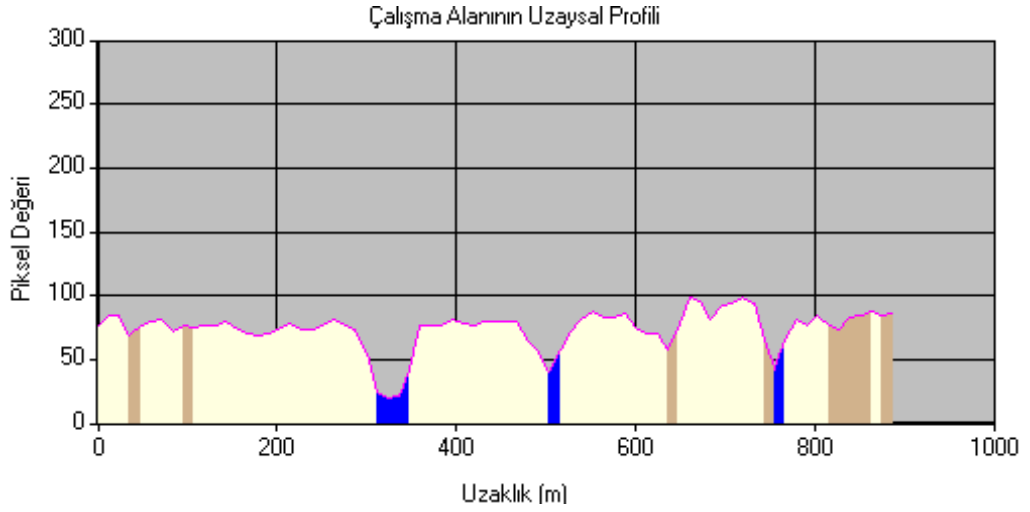
Şekil 4.16: 3 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili

7 numaralı profil (k7): Uydu görüntüsüne bakıldığında akarsuyun oluşturduğu kıvrımdan dolayı (menderesleşme) nehir debisinin azalması ve bu alanda nehrin askıdaki sedimentleri taşıma kapasitesinin de düşmesinden, bu bölgede kum alanı oluşmuştur. Yaklaşık olarak 150 m kadar genişlikte bir kum birikim alanının meydana çıktığı *k7* profilinden görülmektedir.

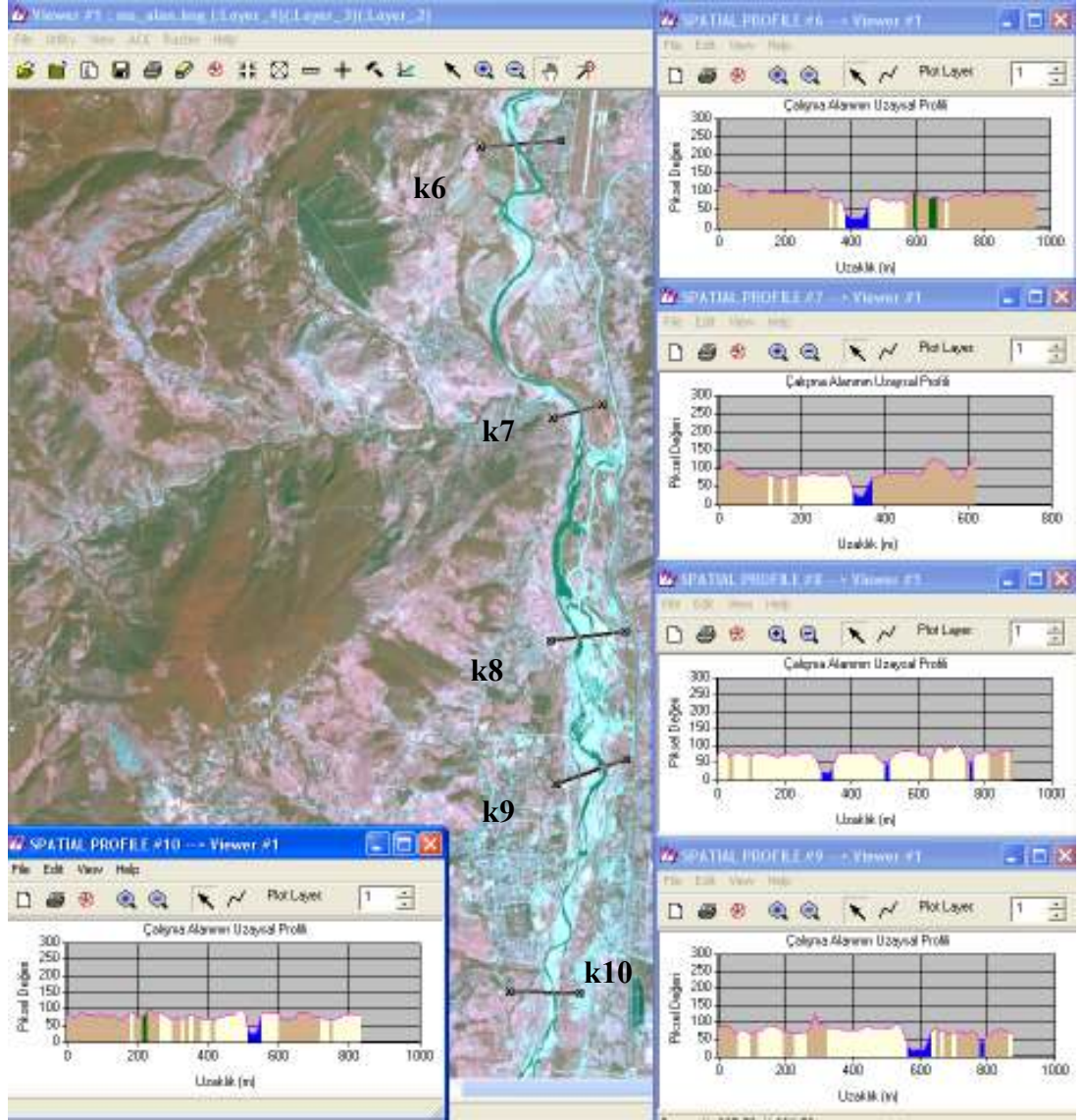


Şekil 4.17: 7 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili

8 numaralı profil (k8): Profilden görüldüğü gibi akarsu bu bölgede 3 kola ayrılmıştır ve kolları arasında sediment alanları oluşmuştur. Nehrin bu kesitinde oldukça geniş bir sediment birikim alanı oluşmuştur. Kesitin yaklaşık 650 m genişliğini kum alanları meydana getirmektedir.



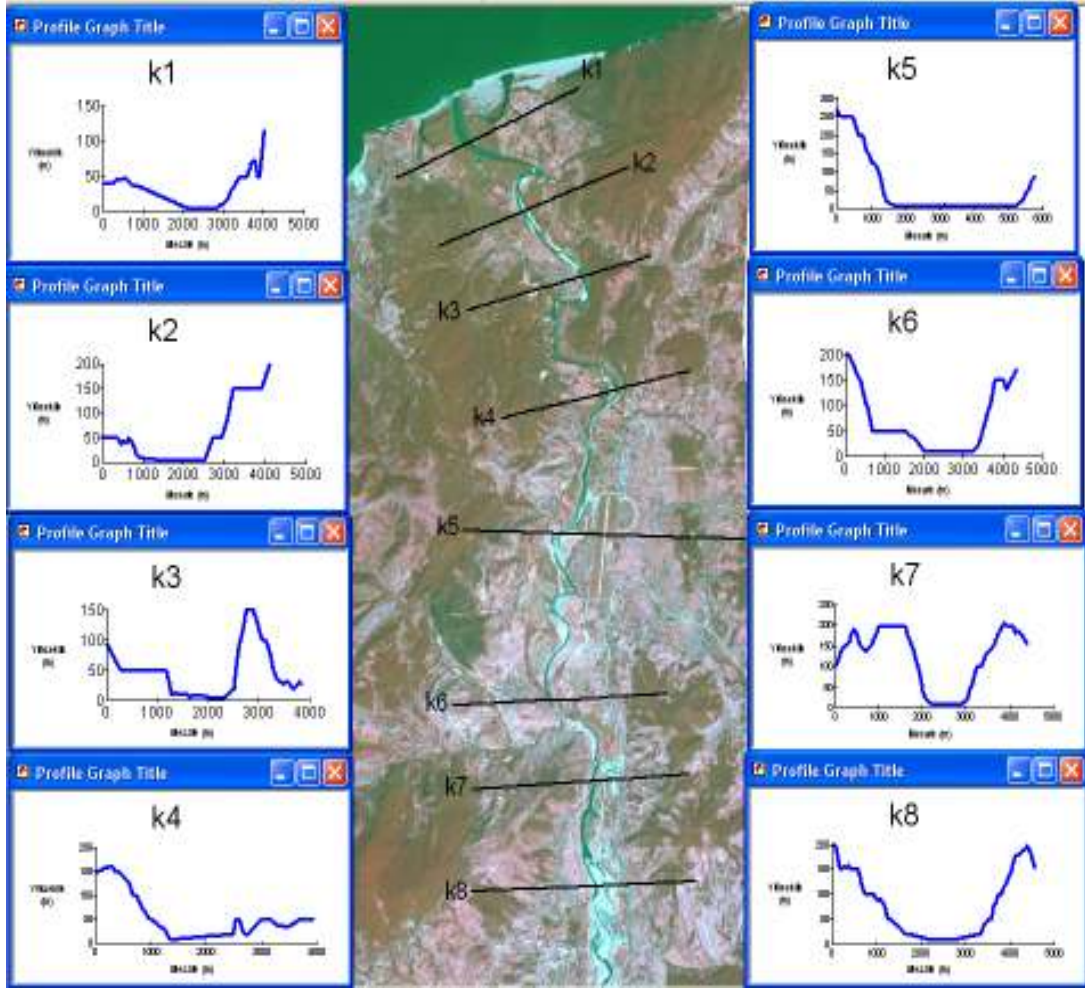
Şekil 4.18: 8 Numaralı Kesitin Uzaysal Profili



Şekil 4.19: 6, 7, 8, 9 ve 10 Numaralı Kesitler ve Yerleri

4.8.2 Fiziksel Profiller

Vadi düzlüğünün genişliğini ve yüksekliğin ne kadar değiştiiğini görmek için SYM den kesitler alınmıştır. Böylelikle vadinin fiziksel durumu görölmüştür. Nehir yatak kotunun 150 m yüksekliğe kadar çıktığı gözlenmiştir. Menderesleşmenin yoğun olduğu bölgelerde nehir yatak kotu en fazla 30-40 m arasında görölmektedir.



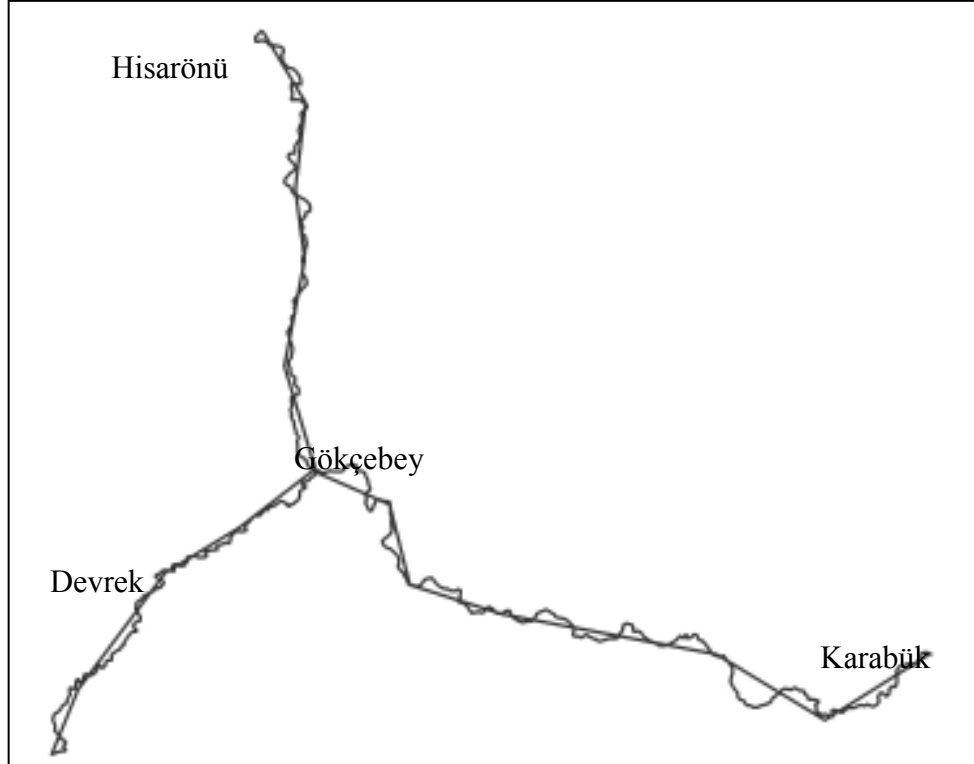
Şekil 4.20: Fiziksel Profiller

4.9 Menderesleşmenin İncelenmesi

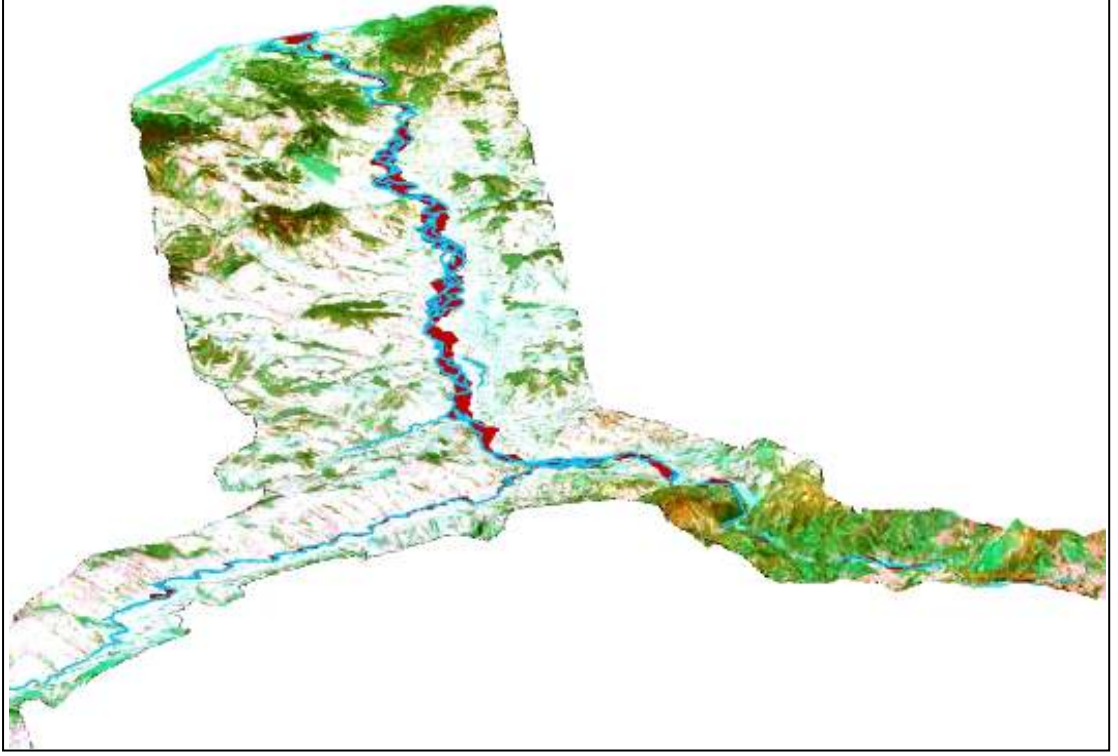
Nehrin Hisarönü bölgesinden itibaren Gökçebey ilçesinde ikiye ayrılan Devrek ve Yenice kollarındaki menderesleşme oranları incelendiğinde tablodaki değerlere ulaşılmıştır. 2006 yılına ait SPOT görüntülerinde elde edilen nehir uzunluğuyla 1956 da üretilmiş standart topoğrafik haritalardan elde edilen nehir uzunluğu karşılaştırıldığında nehrin zamanla kısaldığı görülmektedir. Bunun sebebi de nehir çevresine kurulan yerleşimlerle, nehrin doğal formuna müdahale edilmesidir. Değerlere bakıldığında nehrin az da olsa menderesleşme eğilimi gösterdiğini söylenebilmektedir. SAM den üretilen eğim haritasına bakıldığında eğimin az olduğu bölgelerde menderesleşmenin oldukça fazla olduğu görülmektedir. Menderesleşmenin fazla olduğu ve nehrin kollara ayrıldığı bölgelerde de sediment birikim alanlarının oluştuğu gözlenmektedir.

Tablo 4.3: Menderesleşme Katsayısı

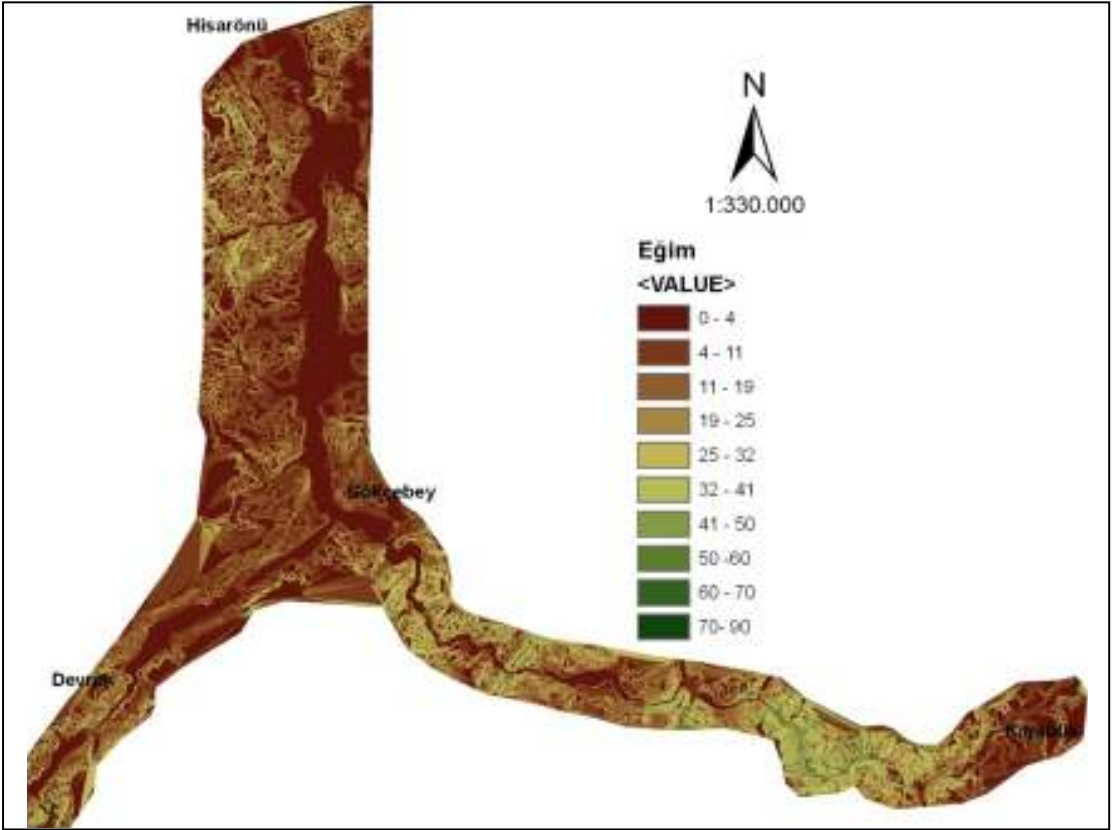
Akarsu Kolu	Mevcut Uzunluk SPOT 5 (km)	Mevcut Uzunluk 1/25000 (km)	Olması Gereken Uzunluk (km)	Menderesleşme sayısı (SPOT)	Menderesleşme sayısı (1/25000)
Hisarönü-Gökçebey	39,64	39,58	31,92	1,24	1,24
Yenice	65,74	68,55	51,00	1,29	1,34
Devrek	33,88	37,56	27,65	1,23	1,36



Şekil 4.21: Menderesleşme Katsayısı İçin Uzunluklar



Şekil 4.22: Nehrin Menderesleşmesi ve Sediment Alanları



Şekil 4.23: Bölgeye Ait Eğim Haritası

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yeryüzünde her geçen gün daha fazla doğal afet meydana gelmekte ve insan yaşamını büyük ölçüde etkilemektedir. Son yıllarda etkisini belirgin bir şekilde gösteren küresel ısınmanın en büyük sonucu susuzluk ve kuraklıktır. Sulak alanlar, insanoğluna yarar sağlayan pek çok hidrolojik işlevin kaynağıdır. Su kaynağı olması, su temizlenmesi ve sel kontrolü, sulak alanların en temel işlevlerinden sadece birkaçıdır. Sulak alanların daha pek çok sosyoekonomik işlevi vardır; sulak alanlar balıkçılık ve ormancılık kaynakları için habitat görevi görürler ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında hayati önem taşırlar[5].

Sonuca kısa sürede ve yüksek doğrulukta ulaşmak afet yönetiminde de büyük önem taşımaktadır. Uzaktan algılama ve SAM verileri, CBS'ye veri aktarımında, gerek afet öncesi, gerek afet sırasında ve gerekse afet sonrasında felaketlerin izlenmesi, sonuçların değerlendirilmesinde afet yönetimine en hızlı veri sağlaması nedeniyle önemli bir kaynaktır[43].

Nehir havzalarında, erozyondan kaynaklanan toprak aşınmaları sonucu sudaki sediment miktarı artırmaktadır. Arazi topografyasının uygun olmasıyla da sediment yükü artan su, azalan debiyle birlikte nehir yatağı formunda deformasyonlara sebep olmaktadır. Bu deformasyon doğal olmasına rağmen etkileri büyük kayıplar olarak sonuçlanan taşkınlara sebep olmaktadır. Menderesleşmeden kaynaklanan nehir yatağında biriken sediment miktarının artması sonucu oluşan taşkınların kısa sürede tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması doğal dengenin ve insan yaşamının devamı için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, SAM ve UA görüntü verileri kullanarak Filyos Havzası karakteristiklerinden kaynaklanan nehir yatağında biriken sediment alanlarının analizi yapılmıştır. Üretilen SAM ile uydu görüntüleri karşılaştırılarak bölgenin 3B sayısal modeli oluşturulmuştur ve bu model üzerinden yorumlar yapılmıştır. Nehrin kanal eğiminin az olduğu gözlenmiştir. Bu durum nehir debisini ve buna bağlı olarak

sediment taşıma kapasitesinin düşürmekte ve taşınmayan sedimentlerin nehir yatağında birikmesine yol açmaktadır.

ISODATA sınıflandırma sonucuna göre oluşturulan sınıflar ve kapladıkları alan şu şekilde çıkmıştır: SU sınıfı 26.74 km², YESİL ALAN sınıfı 162.84 km², TOPRAK sınıfı 287.74 km², YERLEŞİM_KUM sınıfı 89.25 km². Yerleşim ve kum sınıfı yansıtım özelliklerinin yakın olmasından dolayı ayrılamamıştır. Bu da sınıflandırmadan elde edilen sediment alanlarından kesin bir sonuca ulaşmayı engellemiştir. Fakat uydu görüntülerinden sayısallaştırılan sediment alanlarından kesin bir sonuç elde edilmiştir. Buna göre çalışma alanında nehir yatağı çevresinde yatak konumunun zamanla değişmesinden ve taşıma yükünün fazla olmasından kaynaklanan sediment birikimlerinin toplam alanı 10.87 km² olarak bulunmuştur.

Nehir çevresindeki sediment alanlarının zamanla azalmakta olduğu, uydu görüntülerinden ve standart topoğrafik haritalardan sayısallaştırılarak elde edilen sediment alanlarından tespit edilmiştir. 1956 yılında 16,26 km² olan sediment alanları, 2006 yılında 10,87 km² olarak bulunmuştur. Bunun sebebi nehir çevresinde yerleşimin ve insan müdahalesinin zamanla artarak nehrin doğal formunun bozulması olarak düşünülmüştür.

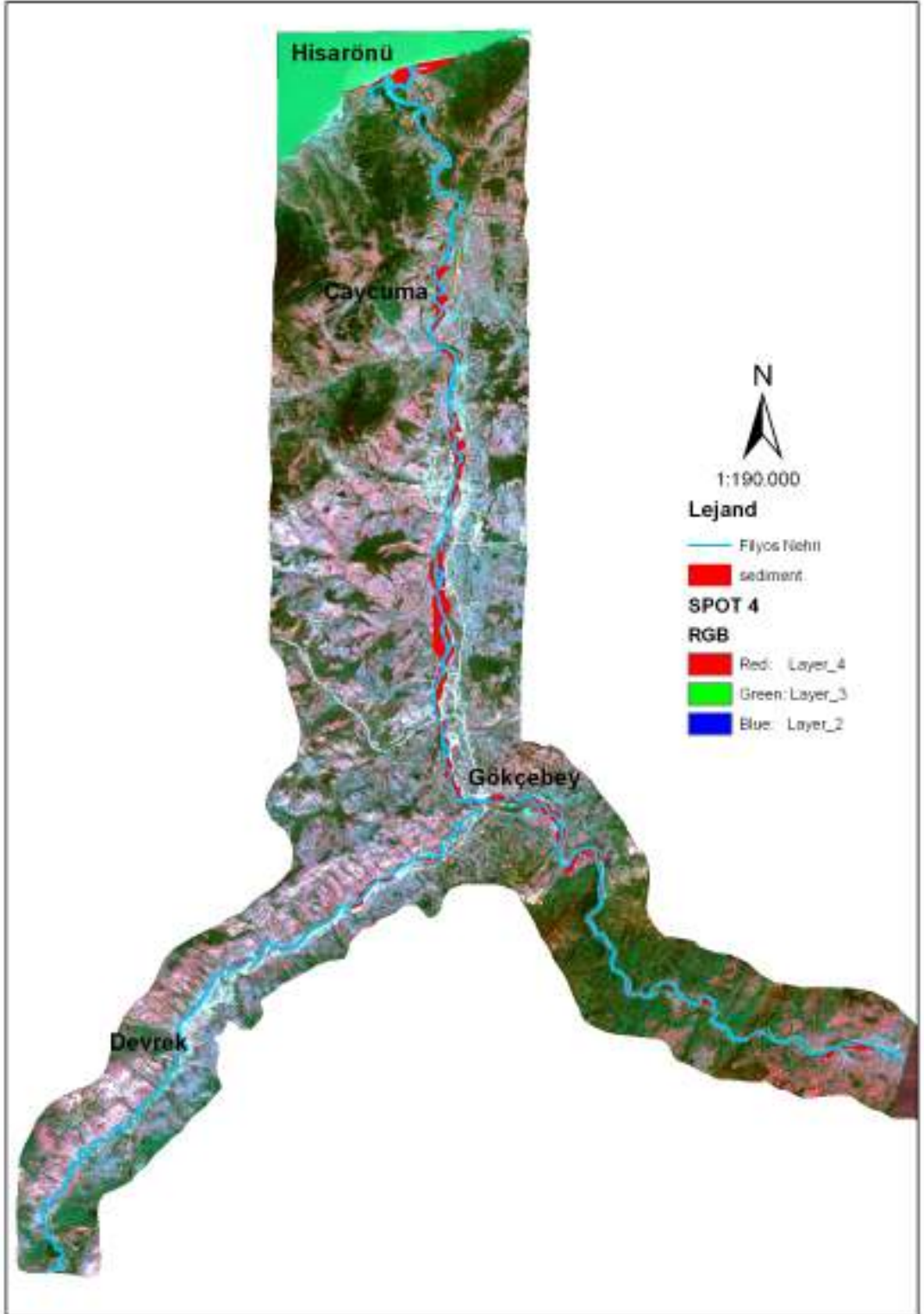
Nehir yatak yükünün artmasından kaynaklanan kum birikimleri suyun akışını zorlaştırmakta ve nehir zamanla kendine yeni yataklar oluşturmaktadır bu nehir şekli de genelde menderes formunda olmaktadır. Filyos Çayı'nın yatak kotunun düşük olduğu bölgelerde eğimin az, dolayısıyla akarsuyun debisinin sudaki sedimenti taşıyamayacak kadar düşük olması sediment birikimini arttırmaktadır. Nehrin bazı bölümlerinden alınan örnek uzunluklar sayesinde menderesleşme katsayısının büyüklüğüne göre menderesleşmenin hızı da tespit edilmiştir. Bu doğrultuda nehir yatağında biriken sedimentlerin sürekli izlenmesi ve yatak yükünün arttığı durumlarda olası bir taşkını önlemek amacıyla gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Üretilen verileri (SAM, çizgisel veri, sınıflandırma sonuç görüntüsü, uydu görüntüsü) CBS ortamında birleştirilerek bölgeye ait tematik haritalar elde edilmiştir.

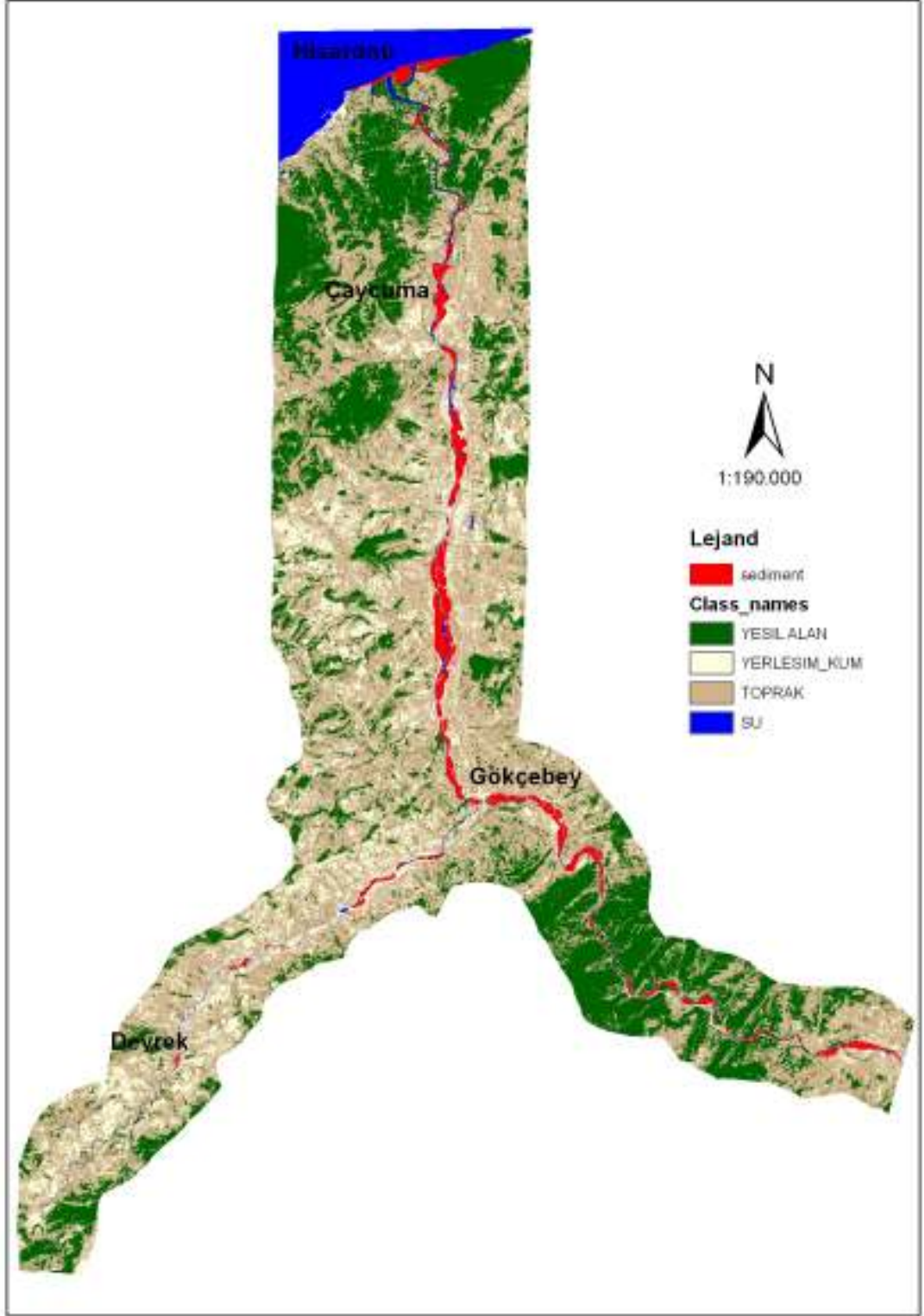
Bu uygulamadaki bir eksiklik, uydu geçişiyle aynı anda araziden alınan spektral yansıma değeri örneklerinin verilere entegrasyonunun yapılamamasıdır. Entegrasyon gerçekleştirilebilmiş olsaydı sediment alanlarının spektral değeri uydu değeriyle eşleştirilerek daha doğru kesin sınıf değerlerine ulaşılabilirdi.

Uzaktan Algılama ve SAM ile havzanın 3B modellenebilirliği örneklenmiştir ve uygulama sonuçları belirgin bir şekilde şunları göstermektedir;

- Uzaktan algılama verileri geniş alanlarda kısa sürede doğru veri elde etmeye olanak sağlamıştır ve ekonomik açıdan da klasik yöntemden üstündür.
- SAM, araziye çıkmadan bölgenin topografyası hakkında bilgi edinmeye olanak sağlamıştır.
- CBS sayesinde raster ve vektör verilerin entegrasyonu ve tematik gösterimi gerçekleştirilmiştir.
- Bölgede taşkın felaketinin tekrarlanmaması için sediment alanlarının gelişimi takip edilip gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir (ıslah çalışmaları vb).
- Sediment oluşumunun en büyük nedenlerinden olan, erozyonun önlenmesi için çalışmalar yapılmalıdır.
- Projede daha doğru ve kesin sonuçlara ulaşabilmek için uydu geçiş anında araziden alınan spektral yansıma örnekleriyle uydu görüntüleri birleştirilerek bir çalışma yapılabilirdi.
- Bölgedeki sediment alanlarından derinlik bilgisi alınmış olsaydı sediment hacmi de hesaplanabilirdi.
- Bölgenin yüksek uzaysal çözünürlüklü uydu görüntüleri sağlanabilirse daha detaylı bir 3B model oluşturulabilirdi.
- Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleriyle sediment birikim alanları daha doğru bir şekilde tespit edilebilirdi ve daha belirgin sonuçlara ulaşılabilirdi.



Şekil 5.1: Uydu Görüntüsü ve Vektör Verilerin Tematik Haritası



Şekil 5.2: Sınıflandırılmış Görüntü ve Sediment Vektörünün Tematik Haritası

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts4/digi0012.shtml> Kasım 2007
- [2] **Akkaya, Ş. T., Gündoğdu, K. S. ve Demir, A.O.**, 2004. Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **18**, 167-180.
- [3] **Jenson, S.K. ve Domingue, J.O.**, 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographical information system analysis. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* **54**, 1593-1600.
- [4] **Garbrecht, J. ve Martz, L.W.**, 1999. Digital Elevation Model Issues In Water Resources Modelling. *19th ESRI International User Conference*, Environmental Systems Research Institute, San Diego, California, 26-30 Haziran.
- [5] **Ramsar**, Sulak Alanlar Sözleşmesi. 2004 Havza Yönetimi. Ramsar, İran
- [6] **Leal, A. K.**, 2002. Remote Sensing of Riverine Landscapes, *Freshwater Biology*, **47**, 799-816.
- [7] **Şeker, D. Z., Kaya, Ş., Musaoğlu, N., Kabdaşlı, S., Yuasa ve Duran, Z.**, 2005. Investigation of Meandering in Filyos River by Means of Satellite Sensor Data, *Hydrological Processes*, **19**, 1497-1508.
- [8] **Kaya, Ş. Şeker, D.Z., Kabdaşlı, S., Musaoğlu, N., Yuasa, A. ve Shrestha, M. B.**, 2006. Monitoring Turbid Freshwater Plume Characteristics by Means of Remotely Sensed Data, *Hydrological Processes*, **20**, 2429-2440..
- [9] **Avcı, S.**, 1998. Filyos Çayı Havzasının (Karabük- Filyos arası) Coğrafi Etüdü I : Fiziki Şartlar, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, **6**, 217-274.
- [10] **DSİ**, 2000. *Filyos Taşkın Koruma Revizyonu*, Ölçek 1:250,000, Devlet Su İşleri, Ankara.
- [11] http://67filyos.sitemynet.com/filyos_cayi.html 2 aralık 2007

- [12] <http://encarta.msn.com/encnet/features/mapcenter/map.aspx> 22 Eylül 2007
- [13] <http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler> 6 Aralık 2007
- [14] **Kaya, Ş.**, 2007. Filyos Çayı Havzasının Genel Karakteristiklerinin Uydu Görüntü Verileri ve Sayısal Arazi Modeli ile Analizi, Tübitak Raporu, İstanbul, Türkiye.
- [15] **Duman T. Y.**, 1998. Arazi Kullanım Kapasitesi Belirleme çalışmalarında Yerbilim Verilerinin Uygulanmasına Bir Örnek: Aşağı Filyos Vadisi (Zonguldak, Batı Karadeniz), *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **Cilt.41, No.2**,117-129.
- [16] **Güner, Y.**, 1975. Filyos Vadisinin ve Dolayının Jeomorfolojisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [17] **Strahler A.N**, 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulkl. Geol. Soc. Am. Vol. 63*, pp.1117-1142.
- [18] **MTA**, 1964. *Türkiye Jeoloji Haritaları, Zonguldak*, Ölçek 1:500,000, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [19] **Çağatay, N.**, 1997. IO/WBSRC Workshop on Black Sea Fluxes, Intergovernmental Oceanographic Commission, İstanbul, Turkey.
- [20] **EİE**, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. (1982-200) Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları. Ankara, Turkey.
- [21] **Avcı, S.**, 1998. Filyos Çayı Havzasının (Karabük- Filyos arası) Coğrafi Etüdü III : Ekonomik Coğrafya Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, **7**, 291-324.
- [22] http://www.ec.gc.ca/Water/en/nature/sedim/e_effect.htm#supply 2 Aralık 2007
- [23] <http://www.bahcesel.com> 2 Aralık 2007
- [24] **Maccaferi**,(2002), River Training Works Weirs problems and Solutions, Environmental Solutions.

- [25] **Kaya, Ş., Demirci F., Şeker, D. Z., Kabdaşlı, S. ve Tanık, A.,** 2007. Analysis of Meandering Effects Using Digital Elevation Model Integrated With Remotely Sensed Data, *The 28th Asian conference on Remote Sensing*, Kuala Lumpur, Malaysia, 12-16 Kasım.
- [26] **Chang H.H.,** 1988. Fluvial Process in River Engineering. Wiley: New York.
- [27] <http://www.geo.uu.nl/fg/palaeogeography/results/fluvialstyle> 2 Aralık 2007
- [28] <http://home.tiscali.nl/~jvanderw/bolivia00/bol3e.html> 3 Aralık 2007
- [29] **Özcan, E.,** 2006. Sel Olayı ve Türkiye, *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **26**, 35-50.
- [30] **Korkanç, S. Ve Korkanç, M.,** 2006. Sel ve Taşkınların İnsan Hayatı Üzerindeki Etkileri, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **9**, 42-50.
- [31] http://www.ec.gc.ca/Water/en/nature/sedim/e_sedim.htm 15 Kasım 2007
- [32] **Işık, A., Ankut, Y. ve Karakaş, H. İ.,** 2007. Karabük İl Çevre Durum Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Karabük, Türkiye.
- [33] http://www.atap.com.tr/firmalar/cvm/cvm_dosyalar/image009.jpg 6 Aralık 2007
- [34] <http://www.cscrs.itu.edu.tr> 6 Aralık 2007
- [35] **Aşkın T., G. Erpul, H. Güngör ve T. Becer,** 2005. Türkiye Topraklarında Erozyon Bozulma ve Önleme Yöntemleri, *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, Ankara, **Cilt I**, 135-154.
- [36] <http://www.mcfurkan.net/sayisal-yukseklk-modelleri-sym.html> 3 Aralık 200
- [37] **Sefercik, U.G.,** 2006. Accuracy Assessment of Digital Elevation Models Derived From Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), *Yüksek Lisans Tezi*, Leibniz Hannover Üniversitesi , Almanya.
- [38] **İSKİ,** Harita İşleri Müdürlüğü Arşivi
- [39] **Yomraloğlu, T.,** 2002. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. İBER ofset, Trabzon, Türkiye.

- [40] **STAR, J., ESTES, J.**, 1990 Geographical Information System: An introduction, Prentice Hall, New Jersey.
- [41] **Maguire, D. J.**, 1991. Geographical Information Systems: Principles and Applications, Sayı 1, Longman, London.
- [42] www.atap.com.tr/firmalar/cvm 5 Aralık 2007
- [43] **Dykaar, B. B. Ve Wigington, P. J.**, 200. Floodplain Formation and Cottonwood Colonization Patterns on The Willamette River, Oregon, USA, *Enviromental Management*, **25**, 87-104.
- [44] **USDA**, The United States Department of Agriculture. 1996 Soil Quality Resource Concerns: Sediment Deposition on Cropland. Washington, D.C, USA.
- [45] **Büyüksalih, İ., Akçın, H., Sefercik, U. G., Karakış, S. ve Marangoz, A. M.**, 2005. Batı Karadeniz Sahil Bölgesindeki Filyos Nehri ve Deltasındaki Değişimlerin Zamansal CBS İle İncelenmesi, *Ege CBS Sempozyumu*, Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü, İzmir, 27-29 Nisan
- [46] <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> 6 Kasım 2007
- [47] **Tüysüz, O. ve Erturaç, M. K.**, 2005. Kuzey Anadolu Fayının Devrez Çayı ile Soruk Çayı Arasındaki Kesiminin Özellikleri ve Fayın Morfolojik Gelişimdeki Etkileri, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 2-5 Haziran.
- [48] **Türkess, M.**, 2001. Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri*, Ankara, **s. 187-205**.
- [49] **Akca, M.D.**, 2000. Coğrafi Bilgi Sistemi ile çevresel verilerin modellenmesi: Trabzon Değirmendere Vadisi örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Filiz DEMİRCİ, 1981 yılı Zonguldak doğumlu olup lise öğrenimini Zonguldak Mehmet Çelikel Lisesinde (1996-200), lisans öğrenimini İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde (2001-2005) tamamlamıştır. Halen 2005 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.