

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORMAN YOLU İNŞAATINDA DOLGU VE İNŞAAT ETKİ  
ALANLARININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ İLE  
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**DOKTORA TEZİ**

**Orm. Yük. Müh. Burak ARICAK**

**Temmuz 2008  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORMAN YOLU İNŞAATINDA DOLGU VE İNŞAAT ETKİ ALANLARININ  
UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ İLE BELİRLENMESİ  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Orm. Yük. Müh. Burak ARICAK**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Doktor (Orman Mühendisliği)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.06.2008  
Tezin Savunma Tarihi : 09.07.2008**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. H.Hulusi ACAR  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ  
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mehmet MISIR  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Metin TUNAY**

**Enstitü Müdür V.: Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

Günümüzde çok çeşitli nedenlerden dolayı doğal kaynaklar zarar görmekte, birçok bitki ve hayvan türünün nesli tükenmekte; kısaca biyolojik çeşitlilik ciddi bir biçimde etkilenmektedir. Orman yolları inşaatında dolgu alanı ve inşaat etki alanının uzaktan algılama verileri ve CBS ile belirlenmesi isimli bu doktora çalışmasında, orman yolu inşaatında geçki seçimi ve inşaat yöntemleri değerlendirilmiş, böylelikle çevreye en az zararlı doğayla dost planlama metodolojisi geliştirilmiştir.

Bu çalışmada; doktora çalışmama başladığım 2002 yılından beri çalışmaların yürütülmesi ve sonuçlandırılmasına kadar her aşamada, rahatça çalışabilmem için her türlü desteği sağlayan hem ilmi hem insani açıdan çok şey öğrendiğim Tez Danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. H. Hulusi ACAR' a içtenlikle teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Doktora çalışma konusunun ortaya çıkmasında ve çalışmanın yürütülmesinde fikir desteğini esirgemeyen, tez izleme komitesi üyesi olan Sayın Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU'na; bir süre tez izleme komitesi üyeliği yapan ve önerilerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ'a; bilgisi, önerisi ve uyarılarından yararlandığım tez izleme komitesi üyesi olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ'e teşekkür ederim. Prof. Dr. Metin TUNAY, Doç. Dr. Abdullah Emin AKAY ve Doç. Dr. Mehmet MISIR hocalarıma da önerilerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımın yürütülmesine yardımcı olan Torul Orman İşletme Müdürlüğü yöneticilerine ve Alacadağ Orman İşletme Şefliği çalışanlarına teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında büyük emeği olan ve desteğini esirgemeyen değerli mesai arkadaşım Arş. Gör. Korhan ENEZ'e, verilerin değerlendirmesinde önemli katkılarını gördüğüm Arş. Gör. Dr. Miraç AYDIN'a ve Arş. Gör. Oytun Emre SAKICI'ya teşekkür ederim.

Çalışmamın yoğunluğu karşısında manevi desteğini esirgemeyen Sevgili Eşim Duygu' ya ve eğitimimde emeği olan Değerli Aileme de ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 2004-113-001-9 Kod No'lu Doktora Tezi Projesi olarak desteklenmiştir.

Doktora çalışmam sonucunda belirlenen bu doğaya dost yeni planlama yaklaşımının ülkemiz ormancılığına yararlı olması en büyük dileğimdir.

Burak ARICAK  
Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ülkemizde Orman Yolu Planlaması ve Orman Yolu İnşaatının Önemi .....	4
1.3. Orman Yolu İnşaatının Çevresel Etkileri .....	8
1.4. Uydu Görüntüleri ve Kullanım Alanları .....	12
1.5. Ormancılıkta Uzaktan Algılama Verileriyle Arazi Örtüsü Değişimi İzleme Çalışmaları ve Altyapı Çalışmalarında Kullanımı .....	19
1.6. Orman Yollarının Planlanmasında CBS ve Uydu Görüntülerinin Kullanılması .	21
1.7. Tezin Konusu ve Amacı .....	25
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	27
2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması .....	27
2.2. Materyal.....	28
2.2.1. Çalışma Alanının Konumu ve Tanıtımı .....	28
2.2.2. Veri Kaynakları .....	31
2.2.3. Kullanılan Yazılım ve Donanımlar .....	38
2.3. Yöntem .....	39
2.3.1. Veri Tabanı Tasarımı ve Veri Temini .....	41
2.3.1.1. Araziye İlişkin Çalışmalar .....	41
2.3.1.2. CBS Veritabanı Çalışmaları .....	44
2.3.1.3. Uydu Görüntülerini Değerlendirme Çalışmaları .....	45
2.3.2. Orman Yolu İnşaatında İnşaat Alanı ve Dolgu Materyali Yuvarlanma Alanının Belirlenmesi Yöntemi .....	54



2.3.3.	Arazide İnşa Edilmiş Olan Yola Alternatif Yol Geçkilerinin Oluşturulması ve Değerlendirilmesi Yöntemi .....	55
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA .....	57
3.1.	Araştırma Alanına Ait Bulgular ve Tartışma .....	57
3.2.	Dolgu Mesafesi ve Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Mesafesinin Modellenmesi .....	65
3.3.	Veri Tabanı Üzerinde Oluşturulan Modelin Uygulanması ve Tartışılması .....	69
3.4.	Alanda İnşa Edilmiş Olan Mevcut Yola Alternatif Yol Geçkilerinin Oluşturulması ve Tartışılması .....	80
3.5.	Tez Çalışmasının Teknik, Ekonomik ve Uygulanabilirlik Açılardan Değerlendirilmesi .....	85
4.	SONUÇLAR .....	87
5.	ÖNERİLER .....	91
6.	KAYNAKLAR .....	93
7.	EKLER .....	100
	ÖZGEÇMİŞ .....	105

## ÖZET

Yapılan bu doktora çalışması ile bir orman yolunun planlama aşamasında; yolun geçeceği araziye ait bilgilerin önceden uzaktan algılama verileri ile elde edilip, oluşturulacak CBS veritabanında sorgulanarak yol inşaatının olumsuz etkileyeceği alanları öncesinden belirlemek ve buna göre doğaya dost orman yol planlaması amaçlanmıştır.

Torul Orman İşletme Müdürlüğü, Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 3+081 km uzunluğundaki 126 Kod nolu orman yolu ve çevresi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Yolun bulunduğu alana ait 2005 ve 2007 yıllarına ait iki adet uydu görüntüsü temin edilmiş, alana ait veriler CBS veritabanında girilip sorgulanmış ve yol yapımından dolayı zarar görmesi muhtemel alanları önceden belirleyecek bir model ortaya konulmuştur.

126 Kod nolu orman yolunun normal şartlarda genişliği 20 m olarak kabul edilen inşaat alanı 60 894,5 m<sup>2</sup>, yol yapımından sonra alınmış uydu görüntüsünden belirlenen inşaat alanı 67 763,2 m<sup>2</sup>, yapılan arazi çalışmaları sonucu tespit edilen gerçek inşaat alanı ise 75 127,5 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanı ise 73 084,5 m<sup>2</sup> olarak - % 2,72 sapma oranı ile tespit edilmiştir. Yine bu çalışma kapsamında yol inşaat çalışması sırasında meydana gelen dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesinin tespiti yapılmıştır. 126 Kod nolu orman yolunun dolgu materyalinin yuvarlanma alanı araziden elde edilen verilerle 95 236,2 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Model yardımıyla hesaplanan yuvarlanan materyalin etki alanı ise 100 423,2 m<sup>2</sup> olarak + % 5,45 sapma oranı ile tespit edilmiştir. 126 Kod nolu yola alternatif iki yol geçkisi oluşturulup dolgu alanları ve inşaat etki alanları yönünden tartışılmıştır.

Geliştirilen model yardımıyla gelecekte yapılacak orman yolları için dolgu materyalinin yuvarlanmasıyla oluşan inşaat etki alanı ve dolgu alanı planlama aşamasında önceden belirlenmiş olacaktır. Orman yolları planlama aşamasında alansal tahribatın kabul edilebilir limitten fazla olması halinde geçki değişikliğine de gidilebilecektir. Sonuç olarak orman yol planlamasında uzaktan algılama verilerinin kullanılması, canlı bir ekosistem olan ormanlardaki alansal kayıp ve çevresel tahribatlar asgari düzeye indirecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman Yolu Planlaması, Dolgu ve İnşaat Etki Alanı, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, Çevresel Etki

## SUMMARY

### **Determining Filling Area and Construction Impact Zone in Building Forest Roads by Using Remotely Sensed Data**

This direction aims to plan environmentally friendly forest roads in the planning stage of a forest road by predetermining the areas impacted by road construction by investigating previously obtained remotely sensed data of road alignment at GIS database.

A forest road section (code number = 126) with the length of 3+081 km and its surroundings area, located in Alacadağ Forest Enterprise Chief at Torul Forest Enterprises Directorate, was selected as the study area. Satellite images of the study area, taken in the year of 2005 and 2005, were obtained, other data of the study area were entered and investigated in GIS database, and then a model was generated to predetermine the areas that are potentially subject to damages due to road construction.

The results indicated that the constructions area of the sample road with the width of 20 m under normal conditions was 60 894,5 square meter, the constructions area which was estimated based on the satellite image taken after the construction was 67 763,2 square meter, and the actual constructions area measured by field studies was 75 127,5 square meter. The construction area which was calculated by the model developed in this study was 73 084,5 square meter with the accuracy error in the rate of -2,72 %. In the scope of the thesis, the rolling distance of the filling material brought about in the constructions work was also computed. The rolling area of the filing material of the sample forest road was measured as 95 236,2 square meter based on the field data. The impact area of the rolling material calculated by the model was 100 423,2 square meter with the accuracy error in the rate of +5,45 %. Two alternative road alignments were developed their filling and constructions impact areas were discussed.

With the help of the model developed in this thesis, constructions impact area formed by the rolling of the filling material and filling area of the forest roads will be able to be predetermined in planning stage. In a case where impact area exceeds the acceptable limit alignment changes will be able to be applied in the planning stage at forest roads. Therefore, by using remotely sensed data in forest road planning, area lost of forest as a live ecosystem and environmental damage will be minimized.

**Key Words:** Planning of Forest Road, Impact Areas of Filling and Constructions, Geographical Information System, Remote Sensing, Environmental Impact.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Dağlık arazide bir orman yol ağı planı .....	4
Şekil 2. 126 kod nolu orman yolundan bir görünüm .....	30
Şekil 3. Çalışma alanına ait 05.08.2005 tarihli QuickBird uydu görüntüsü .....	33
Şekil 4. Çalışma alanına ait 24.05.2007 tarihli Spot uydu görüntüsü .....	33
Şekil 5. Çalışma alanına ait topografik harita ve yol geçkisi .....	35
Şekil 6. Yolun geçtiği alanın meşcere haritası ve yol geçkisi .....	37
Şekil 7. Yolun geçtiği alanın bakı haritası ve yol geçkisi .....	38
Şekil 8. Orman yolu inşaatı dolgu-etki mesafelerinin belirlenmesi yaklaşımı .....	40
Şekil 9. Arazide yol enkesiti üzerinde yapılan ölçümler .....	42
Şekil 10. Uydu görüntülerinin koordinatlandırılması sırasında ekran görüntüsü .....	46
Şekil 11. Çalışma alanının sayısal arazi modeli .....	47
Şekil 12. SAM üzerinde QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi .....	48
Şekil 13. SAM üzerinde QuickBird görüntüsü ve yol geçkisinin yakından görüntüsü ....	49
Şekil 14. Arazi sınıflandırması yapılmış raster formatında QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi .....	51
Şekil 15. Arazi sınıflandırması yapılmış QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi .....	53
Şekil 16. Spot görüntüsü üzerinde yol geçkisi .....	54
Şekil 17. 126 kod nolu yolun konumu ve alanın sayısal arazi modeli .....	57
Şekil 18. 126 Kod nolu yol ve çalışma alanın eğim haritası .....	58
Şekil 19. QuickBird görüntüsü üzerinde yolun tahmini inşaat alanı .....	59
Şekil 20. Spot görüntüsü üzerinde yol geçkisi ve inşaat alanı .....	60
Şekil 21. 20 m olarak kabul edilen inşaat alanı ve alanın eğim haritası .....	61
Şekil 22. Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı ve alanın eğim haritası .....	61
Şekil 23. 20 m olarak kabul edilen inşaat alanı ve alanın meşcere haritası .....	63
Şekil 24. Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı ve alanın meşcere haritası .....	63
Şekil 25. 126 kod nolu yolun platform alanının QuickBird görüntüsü üzerindeki konumu .....	73

Şekil 26. Dolgu alanı ve yol geçkisinin QuickBird görüntüsü üzerindeki konumu .....	75
Şekil 27. Dolgu alanı ve yol geçkisinin Spot görüntüsü üzerindeki konumu .....	76
Şekil 28. Dolgu materyalinin yuvarlanma alanı ve yol geçkisinin QuickBird üzerinde konumu .....	78
Şekil 29. Dolgu materyalinin yuvarlanma alanı ve yol geçkisinin Spot üzerindeki konumu .....	79
Şekil 30. Mevcut yol ve alternatif yollar .....	81
Şekil 31. Çalışma alanındaki ağaçlar üzerinde oluşan hasar örnekleri .....	84

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Orman yollarına ait geometrik standartlar .....	5
Tablo 2. Çözünürlük değerlerine göre uydu görüntülerinin kullanım alanları .....	15
Tablo 3. Alacadağ Orman İşletme Şefliği için planlanan yol türü ve miktarları .....	29
Tablo 4. Uydu görüntülerinin kenar koordinatları .....	31
Tablo 5. Orman yolu envanteri işlemleri için oluşturulan arazi karnesi .....	43
Tablo 6. Meşcere kapalılık sınıfları ve kapalılık sınıfı oranları .....	50
Tablo 7. Sınıflandırma sonucunda oluşan hata matrisleri .....	52
Tablo 8. Sınıflandırma sonucunda oluşan üretici ve kullanıcı doğruluk oranları .....	52
Tablo 9. Eğim sınıflarına göre tahmini inşaat alanı ve Spot görüntüsüne göre inşaat alanının döküm tablosu .....	62
Tablo 10. Meşcere türlerine göre tahmini inşaat alanı ile Spot görüntüsüne göre belirlenen inşaat alanının döküm tablosu .....	64
Tablo 11. 126 kod nolu orman yolunun tahmini, Spot görüntüsündeki ve gerçekteki inşaat alanları .....	65
Tablo 12. Dolgu mesafesi denklemi $R^2$ ve katsayıları tablosu .....	66
Tablo 13. Yuvarlanma mesafesi denklemi $R^2$ ve katsayıları tablosu .....	67
Tablo 14. Dolgu mesafesi ve yuvarlanma mesafesi hesaplanmasında kullanılacak denklemler .....	67
Tablo 15. Arazi sınıfları için eğim değerlerine göre dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin etki mesafesi tablosu .....	68
Tablo 16. Model uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler ve denklemlerin ölçüt değerleri .....	69
Tablo 17. Arazi sınıfı ve yol geçkisinin birleştirilmesiyle elde edilmiş, geliştirilen formüllerin uygulandığını gösterir veri tabanı .....	71
Tablo 18. Gerçek, tahmini, spot görüntüsündeki ve model ile tespit edilmiş inşaat alanları ile sapma oranları .....	74
Tablo 19. Gerçek ve model ile tespit edilmiş dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanlar ile sapma oranları .....	77
Tablo 20. Mevcut geçki ile alternatif geçkilerin dolgu ve inşaat etki alanları .....	82

## SEMBOLLER DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CB-S	: Çok bozuk ve 1 kapallılıkta orman alanı
ÇED	: Çevre etki değerlendirme
DKGH	: Dikili kabuklu gövde hacmi
DMA	: Dolgu materyalinin kapladığı alan
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ESRI	: Environmental System Research Institute
GIS	: Geographical Information System
GPS	: Global Positioning System
GSD	: Ground sampling distance
NDVI	: Normalized difference vegetation index
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ORBİS	: Orman Bilgi Sistemi
ORM	: 2 ve daha fazla kapallılığa sahip orman alanı
OT-Z	: Orman toprağı ve ziraat alanı
RGB	: Red, green, blue
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
TCK	: Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
UA	: Uzaktan algılama
UNCED	: United Nations Conference on Environment and Development
UTM	: Universal Transfer Mercator
YIA	: Yol inşaat alanı
YPA	: Yol platform alanı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Yollar insanlık tarihi boyunca medeniyetin kritik bir göstergesi olmuştur. Sürdürülen ekonomik aktivitelerin miktarı ve kalitesi ile yolların miktarı ve kalitesi arasında güçlü bir ilişki vardır. Yollar olmadan gelişme ve kalkınma istenilen boyutlarda olmamaktadır. Yollar insanlara çalışılacak olan alanlara girme, doğal ekosistemleri araştırma ve seyretme olanağı sağlar (Lugo, 2007).

Orman kaynaklarının sürdürülebilir olarak yönetilmesinde orman yolları, neden oldukları ekolojik sorunlara rağmen vazgeçilmez bir altyapı işlevine sahiptir. Ülkemizde dağlık ve güç arazi koşullarının hakim olduğu alanlar üzerinde bulunan ormanların bakımı, silvikültürel müdahalelerin yapılması, koruma işlerinin sürekli ve etkin olarak yürütülmesi, yangın ve böcek afetlerinin kontrol altına alınması, malzeme ve personel ulaşımının sağlanması ve ürünlerin taşınması görevlerini yerine getiren en önemli alt yapı orman yollarıdır. Orman yollarının çevresel ve ekonomik koşulları dikkate alınarak rasyonel bir şekilde planlanması, günümüz orman işletmeciliği açısından bir zorunluluktur.

Orman işletmeciliği yapılırken, ormanlara zarar verilmeden ve özellikle orman ekosistemi dengesi bozulmadan yapılmasına özen gösterilmelidir. Ekosistemi oluşturan doğal dengeyi herhangi bir yerinden bozmak orman varlığının sürekliliğini tehlikeye atacağı için orman ekosistemine yapılacak her tür müdahalenin çevresel etkilerinin önceden tahmin edilmesi ve önlemlerin alınması gerekmektedir (Acar ve Ünver, 2004).

Yapılan ve gelecekte yapılacak olan orman yol ağı yatırımlarını hem doğru kullanmak hem de doğada kalıcı iz bırakan orman yollarının çevreye en az zarar vermesini sağlamak, çağdaş orman işletmeciliğinin bir gereğidir (Acar, 1999). Doğal bir ortam olan orman ekosistemi içerisinde planlanan ve inşa edilen orman yolları dikkatlice planlanmalı, projelendirilmeli ve inşa edilmelidir. Hatalı bir projelendirme başta çevresel açıdan olmak üzere teknik, ekonomik ve peyzaj açılarından olumsuz sonuçlar doğurur.

Orman yol ağı planlarının düzenlenmesine ait yönetmelikte orman yol ağı planlarının amaç ve kapsamı, "bir orman topluluğunun entansif olarak işletilmesi için ekim, dikim, bakım, hastalık ve zararlılarla mücadele, yangınlardan koruma veya söndürme gibi çeşitli ormancılık hizmetlerinin zamanında, usul ve tekniğine uygun olarak yapılabilmesi



amacıyla ormandaki tüm meşcerelere ulaşımı sağlamak"; tanımı ise, "bir orman topluluğundan elde edilecek her çeşit hasılatı amaca uygun bir şekilde ve sürekli olarak taşımaya ve çeşitli ormancılık hizmetlerini yapmaya elverişli vadi yolları, yamaç yolları, sırt yolları, sürütme yolları ve irtibat yolları gibi birbirine bağlı bir çok ana ve tali yolların genel projelerini oluşturmak" şeklinde ifade edilmektedir (OGM, 1984). Bütün bir dere sistemini içine alan su toplama havzası bir plan ünitesi olarak ele alınmakta, orman yol ağı planının böyle bir plan ünitesini tam olarak taşıma ve diğer ormancılık hizmetlerine açacak şekilde düzenlenmesi öngörülmekte ve plan ünitelerinin birleştirilmesi ile Seri veya İşletme Şefliği bazında "Genel Orman Yol Ağı Planı"nın meydana getirileceği bildirilmektedir (OGM, 1984).

Ülkemizde ormanlar genellikle dağlık ve eğimli arazi üzerinde yer almaktadır. Bu tür arazi üzerinde inşa edilen orman yolları, yapımı ve bakımı yönünden oldukça maliyetli alt yapı tesisleridir. Orman işletmeciliği için olmazsa olmaz alt yapı tesislerinden olan orman yolları, doğa içerisinde inşa edildiklerinden dolayı teknik ve ekonomik açılar yanında çevresel açıdan da duyarlılık gösteren bir planlama ve inşaat yaklaşımı gerektirmektedir. Orman yolları orman işletmeciliği amaçlarına hizmet etmesinin yanında orman köylüleri için de vazgeçilmez bir yapı olup, ayrıca ülke savunmasında da stratejik bir öneme sahiptir. Çevresel duyarlılık göstermeden planlanıp inşa edildiklerinde ise orman arazisini yok edip, parçalamakta ve erozyona neden olmaktadır.

Ekskavatör ile yapılan 1 km'lik orman yolu inşaatı sırasında yaklaşık 1,2 ha'lık, dozer ile ise yaklaşık 1,6 ha'lık orman alanı kaybı oluşmaktadır (Tunay ve Melemez, 2004). Bu nedenle orman yolu inşaatında çevresel zararı azaltmak ve ormanlık alan kaybını en azda tutmak için ekskavatör kullanımı tercih edilmelidir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ormanı ve ormancılığı yakından tanıyan orman mühendisleri orman yol projelendirme çalışmalarında doğaya verilecek alansal zararı asgaride tutmaya özen göstermelidir. Ülkemiz ormanlarında ortalama yamaç eğiminin % 50-60 olması nedeni ile orman yolu inşaatı sırasında ortaya çıkan kazı materyalinin yamaç aşağıya atılması sonucu büyük tahribat olmakta, ayrıca dozer ile inşa edilen yollarda sert zemin kazıları için patlayıcı maddelerin kullanılması da ayrı bir tahrip unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır (DPT, 2001).

Orman yolu planlama çalışmalarının en önemli ve en zor aşamasını orman yolu geçkilerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Planlama aşamasında yapılacak yanlış bir geçki

belirlemesi, yapım aşamasında teknik ve ekonomik problemler oluşturacağı gibi gelecekte de bakım ve çevre problemlerini doğuracaktır (Arıca ve Acar, 2005).

Ormanlık alanlarda yol ağı planlanırken alana ait bilgilerin doğru ve güncel bir biçimde elde edilmesi, elde edilen bilgilerin değerlendirilerek orman yol planlamasında kullanılması gerekir. Yol planlamasına ve planlanan yolların geçkilerinin belirlenmesine hizmet edecek veriler zaman alıcı ve maliyetli yersel çalışmalar yerine günümüzde uzaktan algılama verileri ile elde edilebilmektedir. Elde edilen bu bilgilerin CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) veri tabanında toplanıp, sorgulama ve değerlendirilebilme imkanı bulunmaktadır. Böylelikle orman yol ağı planları ve orman yolu geçkileri kısa sürede, düşük maliyetle ve çevreyle dost bir yaklaşımla oluşturulabilir.

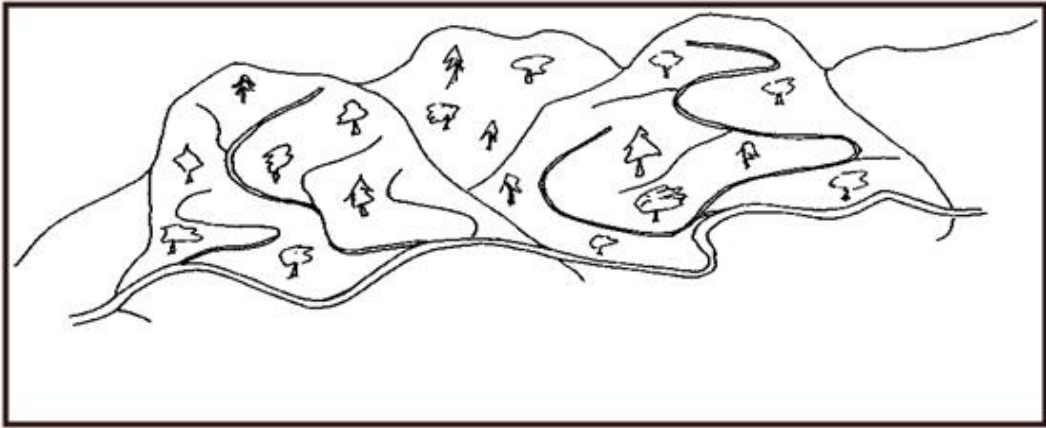
Orman yolu inşaatı çalışmaları çevre üzerinde birçok olumsuz etki yaratan çalışmalardandır. Bu olumsuzlukların en az düzeyde tutulması çağdaş ve çevreye duyarlı orman işletmeciliğinin bir gereğidir. Bu nedenle orman yol ağları ve geçkileri planlanırken inşaat sırasında tahrip olacak yol platformunun bulunduğu orman alanı ve dolgu alanının önceden belirlenip bunun en az seviyede tutulması önemlidir. Bununla birlikte, dolgu materyalinin yuvarlanması sonucu inşaat alanı çevresinde bulunan meşcere ve doğa üzerinde de tahribatlar oluşmaktadır. Bu tahribat düzeyinin de en az düzeyde tutulması ormanın geleceği açısından oldukça önemlidir.

Orman yollarının yapımı; planlama-projelendirme, inşaat ve inşaat sonrası değerlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Orman yolları inşaatının alana verdiği zararın önceden hesaplanarak ormana en az zarar veren yol geçki alternatifinin uygulanması hem ormanın sürdürülebilirliğinin sağlanması hem de üretimde verimliliğin artırılması açısından önemlidir. Ülkemizde yol planlama çalışmalarının etüt, ön proje ve son proje aşamaları, yersel çalışmalardan elde edilen veriler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Orman yolu planlanacak alanın tanınması ve yol ağı planlaması açısından önemli olan faktörlerin belirlenmesi için araziden veri alınır. Arazi çalışmaları sırasında topografik harita, mevcut yol ağı planı, meşcere haritası ve hava fotoğraflarından yararlanılır. Mevcut haritalarla arazi verileri karşılaştırılarak herhangi bir veri uyumsuzluğunun olup olmadığı kontrol edilir. Bu işlemler zaman alıcı ve maliyetli çalışmalardır. Oysa bu işlemler uzaktan algılama verileri üzerinde doğrudan yapılarak kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Böylece, klasik haritalarda hiçbir zaman değerlendirilemeyecek kadar çok bilgi tek bir görüntü üzerinde okunup birlikte değerlendirilebilir (Arıca ve Acar, 2005).

Bu çalışmada ormanlık alanda yapılacak orman yolu inşaatı sırasında tahrip olacak dolgu alanı ve inşaatın etki alanını tespit etmek için bir model geliştirilmiştir. Model için gerekli veriler metre hassasiyetindeki yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Bu veriler, oluşturulan CBS veri tabanında değerlendirilerek araziye çıkmadan çevresel açıdan duyarlı, orman ekosisteminin geleceğini göz önünde bulunduran bir orman yolu geçki planlaması gerçekleştirilmiştir.

## 1.2. Ülkemizde Orman Yolu Planlaması ve Orman Yolu İnşaatının Önemi

Ülkemizdeki ormancılık çalışmaları değişik iklim ve topografik koşullarda bulunan orman alanları üzerinde yürütülmektedir (Acar vd., 2000). Orman yolları hiçbir zaman iki noktayı birbirine bağlayan bir tesis olmayıp, ormanın tüm bölme ve bölmeciklerinin içinden veya yakınından geçerek ormanın her noktasından yararlanmayı mümkün kılan tesislerdir (Şekil 1). Gerek orman içine her türlü teknik ve idari işleri götürebilmek, gerekse odun hammaddesini orman içinden tüketim yerlerine kadar taşımak amacıyla orman yollarının orman içinde bir ağ şeklinde oluşturduğu birlik ve bütünlüğe "Orman Yol Ağı" adı verilmektedir (Martin vd., 1999). Orman Yol Ağı Planı, bir orman topluluğundan elde edilecek her çeşit ürünü amaca uygun bir şekilde ve sürekli olarak taşımaya, her çeşit ormancılık hizmetlerini yapmaya, ormanların çok yönlü fonksiyonel faydalarının gerçekleştirilmesine yönelik dere yolları, yamaç yolları, sırt yolları ve bağlantı yolları gibi birbirine bağlı birçok ana ve tali yollardan oluşur.



Şekil 1. Dağlık arazide bir orman yol ağı planı (Arıcak ve Acar, 2005).

Orman Yolları, bir yılda üzerinden taşınacak emval miktarları, yapılış amaçları, trafik yoğunluğu, seyir halindeki araçların büyüklüğü ve tonajları dikkate alınarak üç ana gruba ayrılmıştır. Bunlar ana orman yolları, tali orman yolları (A tipi tali orman yolu ve B tipi tali orman yolu) ve traktör yollarıdır. Bu yolların geometrik standartları Tablo 1’de verilmiştir (OGM, 1984).

Tablo 1. Orman yollarına ait geometrik standartlar

Yolun Tipi	Birimi	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu				Traktör Yolu
			A - Tipi	B - Tipi			
				SBT	NBT	EBT	
Platform genişliği	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit sayısı	adet	2	1	1	1	1	1
Azami eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari kurp yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Hendek genişliği	m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	
Üst yapı genişliği	m	6	5	4	3	3	
Köprü genişliği	m	7+(2x0,6)	6+(2x0,6)	5+(2x0,6)		4+(2x0,6)	

SBT : Standartları yükseltilmiş B Tipi

NBT : Normal B Tipi

EBT : Ekstrem B Tipi

Ana orman yolu platform genişliği 7 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam genişliği 8 m olan ana dereleri takip eden yollardır. Bu genişlikte yol yapılabilmesi için o yol üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarının 50 000 m<sup>3</sup>’ten fazla olması ve OGM’den özel izin alınması gerekmektedir. Bu tip yolların tamamı 6 m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanmalı, asgari kurp yarıçapı 50 m, azami eğimi % 8 olmalıdır. Bu tip yollarda standart trafik işaretleri konulması zorunludur.

A Tipi tali orman yolu, platform genişliği 6 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam genişliği 7 m olan ana dere yollarıdır. Bu genişlikte yol yapılabilmesi için o yol üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarının 25 000 – 50 000 m<sup>3</sup> arasında olması ve OGM’den özel izin alınması gerekmektedir. Bu tip yolların tamamı 5 m genişlikte üst yapı malzemesi ile kaplanmalı ve asgari kurp yarıçapı 35 m ve azami eğimi % 10 olmalıdır.

B Tipi tali orman yolu platform genişliği 4 - 5 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam genişliği 5-6 m olan dere ve yamaç yollarıdır. Bu yollar üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarı 25 000 m<sup>3</sup>'ten azdır. Üretim ve nakliyat mevsimi, nakledilecek emvalin cinsi, arazi yapısı gibi faktörler dikkate alınarak bu tip yolların tamamı veya bir kısmı 3 - 4 m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanmalıdır. Asgari kurp yarıçapı 12 m ve prensip olarak normal eğim olan % 9 eğim kullanılmalıdır. Ancak ender olarak ve kısa mesafelerde uygulanmak şartıyla azami eğim % 12 olabilir. Ters taşımada eğim 1 000 m'ye kadar % 9, 1 000 m'den daha fazla mesafede % 7 olmalıdır. % 75'in üzerinde olan arazi yamaç eğiminde uzun mesafede som ve sert kaya olması halinde yol platformu 3 m, hendek 0,50 m olmak üzere B tipi tali orman yolu toplam 3,5 m genişliğinde olmalıdır. B Tipi tali orman yolları; Arazinin topografik yapısı, ormancılık faaliyetlerinin yoğunluğu ve önceliği, iş merkezleri, trafik yoğunluğu gibi etkenler dikkate alınarak üç alt gruba ayrılmıştır.

a) Standartları Yükseltilmiş B Tipi Tali Orman Yolları: İşletme Şefliği ormanlarının merkezine ulaşan veya ormanlarla birlikte grup köylerin ulaşımını sağlayan, treylerlerin ağır iş makinelerini manevrasız taşıyabileceği yollardır. Platform genişliği 5 m, hendek genişliği 1 m, azami eğimi % 9, asgari kurp yarıçapı 20 m ve sanat yapısı ile üst yapı yapılması öncelikli olan yollardır.

b) Normal B Tipi Tali Orman Yolları: Platform genişliği 4 m, hendek genişliği 1 m azami eğimi genelde % 9, ender olarak % 12, kurp ve lase yarıçapı asgari 12 m olan ve ormanların geneline ulaşımı sağlayan yollardır. Bu yollar normal topografik yapı ve arazi şartlarında uygulanır.

c) Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları: Çok zor arazi şartlarının bulunduğu veya orman zonundan dağ zonuna yaklaşıldığında ucu kör yollar ile çok dik yamaçlar ve som kayalıkların bulunduğu alanlarda kısa mesafeler için uygulanabilecek yollardır. Platform genişliği 3 m, hendek genişliği 0,50 m ve azami eğim ise kısa mesafelerde % 12 olabilmektedir.

Traktör yolu ise mekanizasyon uygulaması henüz başlamayan üretim sahalarında sürütülerek dere içlerinde belirli bir rampada toplanan emvalin, mevcut yollara sürütülmesinin imkansız olması halinde, sadece, sürütülen bu emvali almak amacıyla yapılan geçici yollardır (OGM, 1984).

Planlama alanında mevcut yol uzunluğunun (m), mevcut alana olan oranına (ha) yol yoğunluğu denir. Yol yoğunluğu 1 hektara düşen metre cinsinden yol uzunluğu olarak tanımlanabilir. Buna göre yol yoğunluğu:

$$\text{Yol Yoğunluğu} = \text{toplam yol uzunluğu (m)} / \text{orman alanı (ha)} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Dağlık arazide ekonomik nedenler, verimlilik, erozyon gibi olgulardan dolayı yol yoğunluğunun 20 m/ha olması önerilir. Yol ağı planlaması yapılırken kısa ve orta mesafeli orman hava hatlarının da düşünülüp kullanım yerlerinin planlanması gerekir. Böylece ekonomik ve ekolojik yönden zararların azaltılması sağlanmış olur. (Anonim, 1998). Türkiye ormanlarının toplam orman yolu ihtiyacı genel ormancılık amaçlarına göre 210 000 km'dir. 2007 yılı sonu itibarıyla orman içerisinde geçen yol miktarı 157 295 km'dir. Bu yolların 138 689 km'sini B Tipi orman yolları oluşturmaktadır. 2007 yılı içerisinde Türkiye genelinde toplam 1 400 km B Tipi orman yolu inşası gerçekleştirilmiştir (OGM, 2008). Her yıl ortalama 1 000 km orman yolu yapıldığı düşünülürse tüm ihtiyacın tamamlanması için yaklaşık 55 yıla ve 55 000 km yola daha ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Hedeflenen orman yolu miktarına ulaşıldığında 20 m/ha olan yol yoğunluğuna da ulaşılmış olunacaktır. Avrupa ülkelerindeki ortalama yol yoğunluğu olan 30 m/ha ve yüksek yol standartları dikkate alınır, yapılması gereken daha çok orman yolu olduğu ortaya çıkmaktadır. Orman yolları birçok amaca hizmet etmesinin yanında, orman ekosistemi üzerine verdiği olumsuz etkisi ve alansal tahribatları nedeni ile dikkatle planlanması gereken yapılardır.

Ülkemizde ormancılık çalışmaları ülkenin değişik yerlerinde ve dağınık durumda olan yaklaşık 21,2 milyon ha civarındaki orman alanı üzerinde yürütülmektedir. Bu kadar geniş ve dağınık, hatta çoğunlukla dağlık arazi üzerinde bulunan ormanlarda çalışmak, orman alanlarının iyi bir yol ağına sahip olması ile mümkündür. Ayrıca orman yol ağları orman köylerinin yol gereksinimleri ve halkın dinlenme isteklerinin karşılanmasına da imkan tanımaktadır. Bu suretle söz konusu bu yollar ekonomik, sosyal ve kültürel faydalar sağlamaktadır (Erdaş vd., 1995).

Orman yolları, ülkemizde her yıl yaklaşık olarak 17 milyon m<sup>3</sup> DKGH (Dikili Kabuklu Gövde Hacmi) asli orman ürününün taşınmasında kolaylık sağlamaktadır. Bunun yanında orman yolları orman koruma, kadastro, bakım, erozyon ve ağaçlandırma

çalışmaları gibi diğer ormancılık hizmetlerinin yürütülmesinde de önemli rol oynamaktadır (Arıca ve Acar, 2005).

Ormancılık faaliyetlerinde orman yolları en önemli alt yapılardan birini oluşturmaktadır. Orman yolu yapım ve bakım maliyetleri oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Orman yolu sanat yapıları ve bakım çalışmaları da dikkate alındığında her yıl yaklaşık olarak 50 milyon YTL orman yolu yapımı ve bakımı için harcanmaktadır. Bu rakamlar OGM yıllık bütçelerinde % 20 - 25 gibi büyük bir oran oluşturmaktadır (Acar, 2005).

### 1.3. Orman Yolu İnşaatının Çevresel Etkileri

UNCED (United Nations Conference on Environment and Development: Çevre ve Kalkınma Birleşik Milletler Konferansı) konferans bildirgesinde de belirtildiği üzere doğanın yenilenebilir kaynaklarının kullanımı çevreye dayalı gelişmenin anahtar bileşenidir. Kaynak kullanımı ancak kaynağın bulunduğu alana ulaşım ile sağlanabilir. Bu nedenle orman yollarının yapımından vazgeçilmesi mümkün değildir. Günümüzde ormancılık kuruluşları kamuoyunun kabul edebileceği, çevreye en az zararı verecek yeni orman yollarını planlamak ve yapmak zorundadır (Heinimann, 1998).

Orman yolları, akarsulara sediment taşıyan en önemli unsurlardandır. Bu nedenle, sadece toplam yol maliyetini en aza indiren değil aynı zamanda akarsulara taşınan sediment miktarını da azaltan optimum orman yolu geçkileri seçilmelidir. Kırsal alanda yapılan orman yolları geçtikleri alanlarda kendine özel bir ekosistem oluşturmakta ve bu da yol yapımından önce orada bulunan mevcut doğal ekosistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin belirlenmesi ve planlama aşamasında bunların en aza indirilmesi gerekmektedir (Gümüş ve Acar, 2003).

Bir yolun arazi veya harita üzerinde izlediği doğrultuya “*yolun geçkisi*” adı verilir. Orman yolu geçkisinin belirlenmesi, orman yolu planlama çalışmalarının en önemli ve en zor aşamasını oluşturmaktadır. Bir yolun geçmesi zorunlu bulunan ana kontrol noktaları arasında birden fazla geçki söz konusu olabilir. Bu nedenle geçki araştırması yaparak çevresel, ekonomik ve verimlilik açısından en uygun geçkinin seçilmesi gerekir. Bilinen iki ana kontrol noktasını birbirine bağlayacak geçki sayısı ilk bakışta çok gibi görünse de, çeşitli engellemeler ve sınırlamalar nedeni ile bunların sayısı azalır; hatta bazı durumlarda

karşılaştırma yapmak için ikinci bir alternatif geçki bile bulmak olanaksız hale gelir (Erdaş ve Gümüş, 2000).

Akay (2004), yaptığı çalışmada orman yollarının planlanmasında kazı - dolgu dengelenmesi için doğrusal programlama ve düşey doğrultma için “heuristic” yaklaşım metodunu tanıtmıştır. Bu metot, çevresel şartları ve sürücü güvenliğini sağlaması yanında yol planlaması için tasarımcıya alternatifleri hızlı şekilde değerlendirme imkanı da sağlamaktadır. Orman yolları imkan ölçüsünde güney yamaçlarda seyredecek biçimde planlanmalı, mevcut transport yöntemi ve araçları dikkate alınarak uygulanmalı, aşırı eğimler kullanılmamalı, işletmeye açma oranı yüksek tutulmalı, fazla sayıda sanat yapısı gerektiren yerlerden kaçınılmalı, heyelanlı alanlar ve kayalık yerlerde planlama yapılmamaya gayret gösterilmelidir (Acar ve Şentürk, 1996).

Bir orman yolunun gelişim aşamalarını planlama, yolun inşası, bakımı, işletilmesi ve görevini tamamlaması oluşturur. Orman yolu inşaatı, yolun bulunduğu havzadaki ekosistemi etkilediğinden yol yakınındaki ekosistemde değişimlere neden olur. Bunlar mekanik, coğrafik, hidrolojik ve biyotik değişimlerdir (Demir, 2007).

Orman yol ağı planlamasını bölgenin ekolojik durumu, orman transport makinelerinin özellikleri, ormanın yapısı, ekonomik koşullar, pazarın orman ürünlerine olan ihtiyacının durumu ve ormanın kullanım amacı gibi bir çok faktör etkilemektedir. Karmaşık yapıda başarılı bir yol ağı planı için bilgisayar ve matematik modellerin kullanılması gereklidir (Erdaş vd., 1997). Bilgisayar destekli modeller sayesinde birçok alternatif yol güzergahı yukarıdaki faktörleri de dikkate alarak kısa sürede geliştirilebilmektedir.

Yamaç eğiminin artışı hem yüzey olarak tesviye alanını artırırken hem de yapılan kazı çalışmaları nedeni ile kazı ve dolgu hacimlerinin artışına neden olmaktadır. Eğimin % 45'in altında olduğu alanlarda dolgu şevinin oluşturulmasında sorun yaşanmayacağı ve çevre tahribatının da düşük olacağı tahmin edilmiştir. Yamaç eğiminin % 45 ile % 75 oranlarında olduğu alanlarda dolgu şevinin oluşturulmasında problemler oluşacağı düşünülmektedir. Eğimin % 75'in üzerinde olduğu alanlarda yol platformunun tamamının kazı şevinde oluşturulması gerekmektedir (Bayoğlu, 1969). Bu nedenle yukarıda açıklanan gruplara göre orman yol çalışmalarının toprak bileşeni açısından çevre etkilerinin en aza indirilmesi için öncelikli olarak yamaç eğiminin % 45'in altında olduğu yerlerde orman yolu inşaatı planlama yapılmalıdır (Gümüş, 2003).



Spellerberg'e (1998) göre yol inşaatı sırasında habitat ortamında direk kayıplar oluşmakta, inşaat alanı çevresindeki hidrolojik yapıda olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Yol inşaatı tamamlandıktan sonra ise alanın mikroklima dengeleri etkilenmektedir. Orman yolu inşaatında kullanılan teknoloji ve teknikler coğrafik konuma, topografik yapıya ve toprak yapısına göre çeşitlilik göstermektedir. Tüm tekniklerin temel karakteri ağır iş makinelerinin kullanılıp en az düzeyde insan gücü kullanılıyor olmasıdır. Dolayısıyla yol inşaatlarında ağır iş makinelerinin kullanımı ile toprak yapısı ve su kaynaklarının kalitesinde bozulmalar olmakta; yine doğal yapı üzerinde görüntü bozulumu ve alan kaybı söz konusu olmaktadır (Sever, 2000; Hayrinen, 2007).

Ülkemizde orman yolları yapımında çoğunlukla dozerlerden yararlanılmaktadır. Yol inşaatının bulunduğu arazideki yamaç eğiminin belli sınırlar dahilinde olması koşulunda dozerler verimli ve düşük maliyetlerde çalışabilmektedir. Öte yandan, yamaç eğiminin artması ve dolayısıyla dolgu seviye topuğunda, kazılan malzemenin tutulmasının zorlaşması nedeniyle dozerle inşaat tekniği çevresel zararlara yol açmaktadır (Acar ve Eker, 2003).

Tunay ve Melemez (2004) orman yolu inşaatı tamamlandıktan sonra, yol boyunca dolgu şevinin görünümü, taş ve benzeri materyalin yol aşağısına yuvarlanması ile oluşan yığıntı sonucu görsel bozukluk oluştuğunu belirtmişlerdir. Öztürk ve Ayberk (2005), Doğu Karadeniz Bölgesindeki gibi çok eğimli araziye sahip ormanlarda yapılan yollarda kazı malzemesinin çok çıkması, bu malzemenin dolguda kullanılmayan kısmının ise yol dışına atılması nedeni ile meşcerede büyük zararlar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yamaç aşağı atılan materyaller, özellikle taş ve kayalar yol altındaki ağaçlara ve fidanlara çarparak onları yaralamakta, ince çaplı materyali kırabilmekte ve fidanların üstünü kapatarak ölümlerine neden olabilmektedir. Bunların dışında en önemli zararlarından biri de zarar görmüş ağaçların sekonder zararlı olan kabuk böceklerinin üremesine zemin hazırlamasıdır. Burada başlayan zararlar tüm meşcerelerde epidemiyi oluşturma riskini arttırmaktadır.

Böcek saldırıları genellikle yaralı ağaçların olduğu alanlarda meydana gelir ve yaralardan kaynaklanan düşük reçine basıncıyla doğru orantılıdır. Yaralı ve çatallaşmış ağaçlar ormanda böcek zararını artırıcı etki yapar (Fielding ve Evans, 1997; Lempérière, 1994). Özcan ve diğerleri (2006) yaptıkları araştırmada *D. micans*'ın zarar verdiği 195 ağaçtan 86 adetinin (% 39,6) yaralı olduğu ve çalışma alanındaki tüm yaralı ladinlerin % 88'inin böcek zararına uğradığını tespit etmişlerdir.

Gümüş ve Acar (2003) yaptıkları araştırmada, ülkemiz koşullarında orman yolları ve köy yolları planlamalarında kullanılacak Çevre Etki Değerlendirme Kriterleri'nin belirlenmesi uygulamasının gerçekleştirilmesini amaçlamışlardır. Gümüş ve Acar (2005), Trabzon – Maçka Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Çatak Orman İşletme Şefliği'nde yaptıkları araştırmada, alandaki mevcut yolların % 32,32'sinin maksimum düzeyde çevre tahribatının oluşacağı alanlardan geçtiğini belirlemiştir. Geliştirdikleri ÇED (Çevre Etki Değerlendirme) katmanı dikkate alınarak yapılan yeni yaklaşım sonucu yolların sadece % 9,76'sının olumsuz çevresel etkilerin en yüksek olduğu alanlarda planlaması gerçekleştirilmiştir.

Ormanlık bir alanda 1 km yeni yol yapılması ile ortalama 0,6 - 1,0 ha ormanlık alan direkt açılır ve meşçere yaşına göre 400 - 3 500 adet ağaç kesilir (OGM, 1984). Kazılan metaryalin yamaç aşağısına akması sonucu ağaçlarda kırılma, yaralanma ile tahribat oluşur ve zararlı böceklere davetiye çıkarılır. Yamaçlarda destek doku kırılarak heyelanlara neden olunur. Rüzgar koridorları oluşturularak kırılma ve devrilmeler artırılır, yüzeysel akış ve erozyon tetiklenir, ulaşım ile birlikte doğal bakir alanlara yapay ve yoğun baskı sonucu yaban hayatı tedirgin edilerek yaşama hakkı kısıtlanır, yol yapım ve bakım masraflarıyla ulusal ekonomiye borç yüklenir. Bu gibi nedenlerle ve mevzuat gereği yol güzergahlarının belirlenmesinde mühendis olarak işin tekniği, işletmeci olarak ekonomisi, yönetici olarak hukuku, insan olarak sosyal boyutunun göz ardı edilmemesi gerekmektedir (OGM, 1984).

Yapılan çalışmalarda orman yol ağı planının oluşturulurken yol ağının gerçekleştireceği amaçların göz önünde bulundurulmasının gerekliliğine değinilmiş, başarılı bir yol ağı planı için bilgisayarın, matematik modellerin ve CBS'nin kullanılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Ormanlık alanda gerçekleştirilecek yol inşaatının çevreye zarar vermesi kaçınılmaz bir gerçektir. Yapılan çalışmalarla bir orman yolu inşaatının bulunduğu havzadaki ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri ve boyutları tartışılmıştır. Yol geçişinin planlanması sırasında yolun kazı ve dolgu alanlarının dengelenmesi gerekliliğine değinilmiş, hatalı bir geçişin ortaya çıkaracağı teknik ve ekonomik problemlere değinilmiştir. Yolun geçtiği alan ve yol platformu oluşturulurken oluşan materyalin yamaçta depolanması ile oluşan dolgu alanı, orman örtüsünü doğal ortamdan direkt olarak kaldırmaktadır. Yamaçta depolanan dolgu materyalinin yamaç aşağısına kayma ve yuvarlanması sonucunda ise yol inşaat alanı çevresindeki ormanlık alanda ve orman ekosisteminde tahribatlar meydana gelmektedir. Oluşan dolgu şevinin görünümü ve dolgu materyalinin yuvarlanması ile meydana gelen yığıntının görsel bozukluk oluşturması

yanında meşcerelerde oluşabilecek zararlara da literatürlerde değinilmiştir. Ancak yapılan literatür çalışmasında, planlanan bir yol geçkisinin geçtiği arazi sınıfına bağlı olarak dolgu alanını ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki edeceği ekosistem alanının belirlenmesi ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır.

#### **1.4. Uydu Görüntüleri ve Kullanım Alanları**

Kaynakların doğru ve etkin kullanım kararlarının verilebilmesi için kaynak alanına ait verilerin gerçekçi, güvenilebilir, belge nitelikli, kontrole olanak tanıyan, çabuk elde edilebilir, zaman içindeki değişim ve gelişmeleri izlemeye olanak tanıyan bir kaynaktan elde edilmesi gerekir. Uzaktan algılama verisi olan hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri bu kaynakları oluşturmaktadır (Dilek vd., 1991).

Uzaktan algılama; bir cisim, bir arazi yapısı veya bir doğal olayın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında arada herhangi bir fiziksel ilişki olmaksızın, çeşitli algılayıcı sistemler tarafından toplanan veriler yardımı ile bilgi edinme sanatı, yöntemi ya da bilimidir (Önder, 1993). Uzaktan algılama yeryüzünden belirli uzaklıklara, atmosfere veya uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm aletleriyle yeryüzünde bulunan doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve değerlendirme teknikleri olarak da tanımlanabilmektedir (URL-2, 2007).

Uzaktan algılama verilerinden olan uydu görüntüleri dünyada binlerce işe ve yüzlerce endüstriye değerli bilgiler sağlamaktadır. Uydu görüntüleri üzerine bilgi katmanlarının girilmesi ve bu katmanların “overlay” (çakıştırma - birleştirme) işlemi ile üst üste çakıştırılmasıyla çalışılan alanlara ait tüm bilgileri içeren temel sorgulama katmanı elde edilebilir. Uzaktan algılama verileri, alana bir anda geniş bir açıyla bakma ve değerlendirme imkanı sağlamakta, alana ait verilerin gösterimi ve sunumu kolaylıkla yapılmaktadır (Erdaş, 1997). Bunun yanında uzaktan algılama verileri çalışma şartlarının zorluğu nedeni ile girilemeyen sahaların araştırılmasına da imkan tanır (Erdin, 1986).

Erdin’e (1986) göre, uzaktan algılama kayıtlarının değerlendirilmesi bazı temel esaslara dayanmaktadır. Uzaktan algılamanın esasını çeşitli kaynaklardan oluşan elektromanyetik enerjinin, enerji kaynağı, enerjinin yayıldığı ortam ve onu yansıtan yüzeyin niteliklerine bağlı olarak saptanması oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarından biri olarak güneş ele alındığında, bu kaynaktan yeryüzü objelerine elektromanyetik dalgalar şeklinde ulaşan enerjinin bir bölümü yansıtılmakta (remisyon), bir kısmı yutulmakta

(absorbsiyon) ve bir kısmı da geçirilmektedir (transmisyon). Bunların yanı sıra bazı objeler de aldıkları kısa dalga boylu radyasyonu yutarak ısı enerjisine dönüştürmekte, sonrasında uzun dalga boylu (infrared-termal) enerji ile veya nükleer enerjiyle yansıtmaktadır. Gerek enerji kaynağı, gerekse enerjinin yayıldığı ortam ve enerjinin ulaştığı objelerin nitelikleri elektromanyetik enerjiyi karakterize etmektedir. Bu özelliklere göre elektromanyetik enerjinin özelliklerinin bilinmesi, uzaktan algılama verilerinin analizinde yardımcı olmaktadır.

Uydular elektromanyetik spektrumun hem görünür bölgesinden hem de kızılötesi bölgesinden algılama yapabilmektedir. Dolayısı ile uydu görüntülerinde iki tür kombinasyon olmaktadır. Bunlar doğal renk kombinasyonu ve kızılötesi bant kombinasyonudur. Uydular cisimlerin yansımaya değerlerini kırmızı, yeşil ve mavi bantlarda kayıt ederler. Bant kombinasyonu daima RGB (kırmızı, yeşil, mavi) sırasına göre olmaktadır. Bant kombinasyonlarından 3,2,1 (RGB) gerçek renk kombinasyonudur. Her çalışmada çalışmanın amacına göre farklı kombinasyonlar kullanılabilir (Anonim, 1998).

Uzaktan algılama teknikleriyle arazi örtüsü haritaları oluşturmanın ana prensibi görüntülerin sınıflandırılmasıdır. Görüntü sınıflandırma, çok bantlı görüntülerden konulu haritalar üretmek amacı ile yapılan bir işlemdir. Uydu görüntülerinde sınıflama işlemi genel olarak kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki yolla yapılmaktadır. Kontrollü sınıflamada kullanıcı ile bilgisayarın ortak çalışması söz konusudur. Bu yöntemde kullanıcı sınıfları kendisi belirler. Bu sınıflar görüntü üzerinde kapalı poligonlar şeklinde bilgisayarda tanımlanır. Görüntü üzerinde tanımlanan poligon içinde kalan, yansımaya değeri aynı olan bütün pikseller aynı sınıfa atanır. Kontrolsüz sınıflamada ise sisteme girilmek istenen sınıf sayısı verilir. Bilgisayar, verilen sınıf sayısına göre en yakın yansımaya değerlerine sahip pikselleri aynı sınıfa atar. Bu sınıflamada doğruluk oranı kontrollü sınıflandırmaya göre düşük olmaktadır (Yomralıoğlu, 2002).

Görüntü yorumlama esasına göre görüntü ile diğer haritaların karşılaştırılıp sonuçlar üretileceği için görüntü üzerindeki bozulmaları en az seviyeye indirmek gerekmektedir. Bu işlem için uyduların mekansal çözünürlük güçlerine bağlı olarak piksel boyutunun örneklenmesi gerekir. Bu işlem “*rektifikasyon*” olarak adlandırılır. Uzaktan algılama verileri arazi örtüsü çalışmalarında da kullanılır ve genellikle bulutsuz olmaları sebebiyle yaz aylarında alınmış görüntüler tercih edilmektedir. Görüntülerin birbirine yakın aylarda

alınmış olması da yorumlamada hata payının azalmasına neden olmaktadır (Demirbükten, 1996).

Köse ve diğlerlerine (2001) göre, yersel yöntemlerle veri toplamak doğruluk olarak güvenilir olmakla birlikte, yüksek maliyetli ve uzun zaman gerektiren çalışmaların ürünüdür. Uydu verileri ile görüntü işleme teknikleri, özellikle doğal kaynaklara yönelik çok çeşitli alanlarda kullanılabilme, hızlı bilgi üretme özellikleri ile etkin ve yeni teknoloji olup, hızla değişen dinamik bir yapı sergileyen ülkemiz orman alanları ve yakın çevrelerinin alansal - yapısal özelliklerinin kısa sürede belirlenmesine olanak sağlayabilecek niteliklere sahiptir.

Bir uydu görüntüsü grid şeklinde karelerden oluşmaktadır. Görüntüyü oluşturan en küçük kare ya da görüntü elemanı "*piksel*" olarak adlandırılmaktadır. Uydu görüntülerinin her türlü değerlendirmeye açık olması, içerdikleri bilgilerin hiçbir değer kaybetmeden saklı kalması, ileride yapılacak periyodik araştırma ve incelemeler için bilgi deposu olmaları büyük önem taşır (Köse vd., 2001).

Uzaktan algılama uyduları tarafından elde edilen görüntüler dünyanın geniş bir perspektifini kaynakları ve insan etkilerini gösterecek şekilde sunarlar. Bu bilgiler şehir planlama, çevre izleme, tarım, petrol-maden arama ve jeoloji gibi sayısız uygulamalarda kullanılabilirler. Uydu görüntüsü seçiminde en önemli faktör çerçeve boyutlarına göre yersel çözünürlüktür. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri düşük çözünürlüklü uydu görüntülerine göre daha küçük alana karşılık gelecektir. Ancak, çözünürlük artarken veri büyüklüğü de artmaktadır. Görüntü seçimi yapılırken bu iki özellik göz önüne alınmalıdır.

Tablo 2'de çözünürlüklerine göre görüntülerin genel kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 2. Çözünürlük değerlerine göre uydu görüntülerinin kullanım alanları (URL-3, 2007).

<b>Görüntü Çözünürlüğü</b>	<b>Kullanım Alanları</b>
1 metre	1 m <sup>2</sup> den büyük insan yapımı objelerin tanımlanmasında, (kanallar, otoyollar, yaya yolları vb.) çalılıklar ve ağaçların belirlenip bunlarının haritalanmasında, Bu tür objelerin özelliklerinin detaylandırılmasında, Küçük alanların detaylandırılmasında, Ev, yol, bina ve çiftliklere yapılan ilavelerin ortaya çıkarılmasında, Bina ve ev tiplerinin belirlenmesinde, kullanılır.
10 metre	Binaların, açık alanların, tarım alanlarının ve ana yolların haritalanmasında, Ağaçlık alanlar ile tarım alanlarının sağlıklı bir şekilde tanımlanmasında, Küçük alanlarda arazi kullanımı sınıflandırılmasında kullanılır.
20/30 metre	Genel arazi kullanımı haritalarının yapımında kullanılır.
80 metre	Genel jeolojik yapıların haritalanmasında, Geniş alanlarda bitki sağlığı konusundaki çalışmalarda, kullanılır.
1 kilometre	Ülke bazında bitki indekslerinin takibinde, Zararlı böcek tahribatları, çölleşme gibi bölgesel olayları izlemede kullanılır.

GSD (Ground Sampling Distance - Yer Örnekleme Aralığı) değerleri 1m'nin altında olan IKONOS, QuickBird ve OrbView-3 gibi görüntüler % 90'lara varan oranda binaların ve yolların belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Bu görüntüler 1 / 5 000 – 1 / 10 000 ölçekli haritaların yapılmasında kullanılabilir (Topan vd., 2006).

Pankromatik görüntü elektromanyetik spektrumun geniş bir bölümünden yansıyan enerjiyi ölçebilen algılayıcılar tarafından elde edilir. Bu bölümlere genellikle “bant” adı verilir. Halihazırdaki bir çok pankromatik algılayıcılar için bu tek bant genellikle spektrumun görünen (visible) ile yakın kızılötesi (near-infrared) bölümünü kapsamaktadır. Pankromatik veriler siyah-beyaz görüntü olarak oluşturulurlar. Multispektral görüntü ise elektromanyetik spektrumdaki birden fazla bant'ta ölçen dijital sensörlerle elde edilirler. Örneğin; alıcıların bir bölümü görünür kırmızı yansıyan enerjiyi ölçerken diğer bir grup yakın kırmızı ötesi (near-infrared) enerjiyi ölçer. İki ayrı algılayıcı dizilimi aynı dalga boyunun değişik bölümlerindeki enerjiyi ölçebilir. Bu çoklu yansıma değerleri renkli görüntü yaratmak için birleştirilirler. Günümüzdeki multi-spektral (çok bantlı) uzaktan algılama uyduları bir kerede 3 ila 7 değişik bant'taki yansımaları ölçebilir. Hyperspektral görüntülerde birçok küçük bant aralıklarında (genellikle 100 civarında) yansıma ölçebilen spektral algılayıcılara verilen isimdir. Hyperspektral algılamanın amacı spektrumun çok küçük bölümlerindeki yansımaları ölçmek, bunun yardımıyla yüzeyin gizli özelliklerini ortaya çıkarmak ve yüzey özellikleri arasındaki farklılığı ortaya koymaktır (özellikle bitki örtüsündeki, topraktaki ve kayalardaki). Şu andaki ticari uyduların hiçbirisi hyperspektral algılayıcı taşımamaktadır. Günümüzde kullanılan hyperspektral algılayıcılar uçağa monte edilerek küçük alanların görüntülenmesinde kullanılmaktadır (URL-7, 2008).

Pankromatik görüntüler yüzey yapılarının ve objelerinin fiziksel görüntülerine bakılarak belirlenmesinde, ölçülmesinde ve yerleştirmesinde kullanılır. Arazi kullanımını tespit etmek, yüksek doğrulukta arazi modeli elde etmek, su-kara sınırlarını belirlemek, var olan haritalardaki fiziksel yapıları güncellemek gibi işlemler pankromatik görüntü kullanımıyla mümkündür. Multispektral görüntüler ise çok belirgin olmayan yüzey özelliklerini belirlemek ve tanımlamakta kullanılır. Böylelikle bitki örtüsü belirleme, ekosistemdeki değişimlerin belirlenmesi, toprak örtüsünün sınıflandırılması, bataklıkların belirlenmesi gibi veriler mutispektral görüntülerle belirlenebilir (URL-7, 2008).

Şahin ve Çabuk (1998), CBS'nin ÇED çalışmalarında sağlayacağı avantajları şu şekilde özetlemiştir:

- Daha iyi etki ölçme ve değerlendirme olanağı sağlayan mekansal analiz ve modelleme yeteneği,
- Etki değerlendirme alanına ait tanımsal ve grafik veriyi aynı ortamda depolama, düzenleme ve kolayca güncelleştirme olanağı sağlaması,

- Etkin sunum tekniği ile verilerin her grup tarafından kolayca anlaşılır hale getirilmesi,

- Değerlendirmelerde insan hatalarını en aza indirerek en doğru sonuçlara kısa zamanda ulaşılabılme imkanının sağlanması.

Uzaktan algılamanın her gün daha da yaygınlaşan uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir (Erdaş, 1997):

- 1) Jeomorfoloji,
- 2) Tarım ve ormancılık,
- 3) Erozyonun izlenmesi,
- 4) Biyolojik verimlilik,
- 5) İçme suyu temini ve sulama,
- 6) Kıyı alanlarının yönetimi,
- 7) Biyomas tespiti,
- 8) Meteoroloji,
- 9) Şehircilik,
- 10) Arazi örtüsü ve arazi kullanımındır.

UA (Uzaktan Algılama) ve CBS'nin birlikte kullanımının gerekliliği anlaşıldıktan sonra, ESRI (Enironmental Systems Research Institute) ve Intergraph gibi CBS yazılımı üreten şirketler Landsat, SPOT ve diğer uydularla uzaktan algılanan verinin işlenmesini sağlamak için görüntü işleme programlarını CBS yazılımlarına ilave etmişlerdir. Böylece arazide aynı alanın raster görüntüsünü vektör ayrıntılarıyla birleştirmek mümkün olmuştur (Alpaslan ve Divan, 2001).

Bilgisayar teknolojisi gelişmesinin bir ürünü olan CBS, özellikle geniş arazide yapılan planlama çalışmalarında etkili bir araç konumuna gelmiştir. CBS veri tabanı sayesinde, değişik kaynaklardan edinilen verilerin planlama amaçları doğrultusunda uygun bir şekilde yapılandırılmasıyla birçok analiz kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Özellikle arazi ve orman yapısının belirlenmesi, geçki işaretlemelerde ölçek sorununun olmayışı ve CBS genelleme fonksiyonunun kullanılması istenilen ölçekte farklı tematik (konumsal) haritaların üretilmesi, klasik yöntemlerle kıyaslanamayacak derecede hassas bir işaretleme sağlamaktadır. Ayrıca üretilen haritaların güncelleştirilmesi ile yeni haritaların hazırlanması ve veritabanının sorgulanması işlemleri çok kısa sürelerde yapılabilir. Acar ve Gümüş (1998), orman yollarının planlanmasında kullanılan harita işlemleri ve diğer planlama aşamalarının büyük bir kısmını bilgisayar ortamında



gerçekleştirmiştir. Böylece, Orman Bakanlığınca hazırlanması düşünülen ORBİS (Orman Bilgi Sistemi) için gerekli temel haritalar hazırlanarak değerlendirilmiştir (Acar ve Gümüş, 1998).

Planlamada ilk adım mevcut doğal ve ekonomik verilerin dikkatlice incelenmesidir. Planlama yapılırken çalışma alanı bir bütün olarak kavranmak istenir. Ayrıca plan uygulamaları periyodik kontrollerle izlenmek durumundadır. Uzaktan algılama verileri çalışanlara bu tür imkanları kolaylıkla sunmaktadır.

Acar ve Gümüş (2002) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye’de orman yolu uygulamalarında GPS (Global Positioning System) ve CBS’nin önemli bir role sahip olduğu belirlenmiştir. Orman yol ağının planlamasında ve verilerin eldesinde GPS ve CBS’nin kullanımı ekonomik, hızlı ve güvenilir veri elde edilmesi için önemlidir.

Gelişmiş ülkelerde gerçekleştirilen ormancılık faaliyetleri, planlama çalışmaları temeli sağlam atılmış sayısal coğrafi veri tabanına dayanmaktadır. Günümüzde birçok ülke uzaktan algılama tekniklerini kullanarak ülke haritalarını, arazi sınıflandırma haritalarını ve konumsal haritalarını tamamlayarak kullanıma sunmuştur. Özellikle doğal kaynak inceleyen uyduların 1972 yılında hizmete girmesiyle bu durum daha da ileri aşamaya gelmiştir.

Doğal yeryüzü yapısının kullanımının ve gördüğü zararların belirlenmesi için gerçek arazi örtüsü ve arazi kullanım haritasının hazırlanması gerekir. Uydularla uzaktan algılama ve CBS teknolojileri bu tip etkilerin takip ve belirlenmesi çalışmalarına uygundur (Yıldırım vd., 2002). Arazi değişim izleme çalışmalarında Landsat uydu verileri etkili bir kaynaktır. Tunay ve Ateşoğlu (2004) doğal ve doğal olmayan arazi değişimlerinin araziye gitmeden, uydu teknolojisi kullanımı ile belirlenebilmesi açısından önemli sonuçlara ulaşmıştır. Çalışmalarında Bartın ili ve yakın çevresinin arazi kullanımına ait ciddi sıkıntılarının olduğunu tespit etmişlerdir.

Selik’e (1993) göre uydu verilerinden elde edilen sayısal görüntülerin uzaktan algılama ile işlenmesi sonucu yeryüzünü inceleme ve makro boyutta çevre sorunlarını izleme olanağı doğmuştur. Günümüzde çevre sorunlarını izlemek, uydulardan elde edilen verilerin değerlendirilerek sınıflandırılmaları ile sağlanabilmektedir. Böylece nedenleri ile gözlenen sorunları hızla ve ekonomik olarak ortaya koymak ve çözüm önerilerini belirlemek olanaklıdır. Koç (2006), yaptığı çalışmada Landsat uydu görüntülerini kullanarak İstanbul metropol alanında 1975 - 2000 yıllarını kapsayan 25 yıllık süreçte

ormansızlaşmanın belirlemesini araştırmıştır. Elde ettiği değişim matrisi ile orman alanlarındaki değişim şekilleri, alansal ve mekansal dağılım ile birlikte ortaya koymuştur.

Martin ve diğerleri (1998), Harvard ormanlarındaki Prospect tepesindeki meşcere türlerinin belirlenmesinde yüksek spektral çözünürlüğe sahip uzaktan algılama verilerini kullanmışlardır. Yapraklı ve ibrelili türlerin saf ve karışık meşcerelerini içeren 11 orman örtüsü sınıfını uydu görüntüleri kullanarak analiz etmişlerdir.

### **1.5. Ormancılıkta Uzaktan Algılama Verileriyle Arazi Örtüsü Değişimi İzleme Çalışmaları ve Altyapı Çalışmalarında Kullanımı**

Arazi örtüsü değişim izleme çalışmalarında ve arazi örtüsü haritalarının hazırlanmasında uzaktan algılama teknolojisinin kullanımına ilişkin farklı çalışmalar bulunmaktadır. Çoban (2006), yapmış olduğu doktora çalışmasında iki farklı yıla ait Landsat uydu verilerini kullanarak orman alanlarındaki zamansal değişimleri belirlemiştir. Bu çalışma Landsat uydu verileri ile orman alanlarında gerçekleşen zamansal değişimlerin sınırlı detayda ve yüksek doğrulukta belirlenebildiğini ortaya koymuştur. Moore ve Matthew (1998), Sierra'da 1973-1992 yılları arasındaki 20 yıllık dönemdeki arazi örtüsü değişim haritasını hazırlarken NDVI oluşturmuş ve 1,2,4 bant kombinasyonunu kullanmıştır. Bu çalışma sonucunda çalışma alanında en büyük değişimin, % 11,8 oranı ile ormanlık alanlarda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Lu ve diğerleri (2004), ekosistemdeki değişimleri belirleme araştırmalarında gerekli olan bilgileri, temel uygulama aşamalarını ve bu çalışmaların doğruluklarının bağlı olduğu etkenleri vurgulamıştır. Bir değişim belirleme çalışmasının üç temel uygulama aşamasını geometrik ve radyometrik düzeltme, analiz için uygun yöntem seçimi, doğruluk değerlendirmesi olarak belirtmişlerdir.

Demirbüken (1996), tarafından önerilen 4,5,3 bant kombinasyonunun yanı sıra 4,3,2 bant kombinasyonunun da görüntü yorumlamada diğer kombinasyonlara göre daha avantajlı olduğu gözlenmiştir. 4,3,2 bant kombinasyonunda özellikle su yüzeyi, bitki örtüsü ve tarım arazisi net olarak ayırt edilebilmiştir. 4. bandın (kızılötesi) kırmızıya atandığı kombinasyonlarda bitki örtüsünün belirgin olarak açığa çıktığı, su yüzeyinin ise bant kombinasyonu açısından bir sınırlandırma olmadan tüm kombinasyonlarda belirgin şekilde ayırt edilebildiğini saptamıştır.

Arazi kullanımı, doğal çevre ile insanoğlunun sosyal-ekonomik aktivitelerinin üzerinde büyük etkisi bulunan ana faktörlerden biridir. Reis ve Yomralıoğlu (2002), Trabzon İli ve çevresinin 2000 yılına ait Landsat ETM+ görüntüsü ile arazi kullanım haritasını oluşturmuşlardır. Böylece ARC/INFO ve ArcView yazılımlarını kullanılarak bölge ve ülkemiz tarım ekonomisi için önem taşıyan fındık bitkisi rekolte tahminleri ve ekilebilir potansiyel fındık alanlarını tespit etmişlerdir.

Yılmaz (2003), Mogan Gölü ve yakın çevresinde 10 yıllık zaman dilimi içinde arazi örtüsünde meydana gelen değişimi ve değişim yönünün sayısal ortamda, farklı tarihlerde alınan uydu görüntülerinden yararlanılarak belirlenmesini araştırmıştır. Elmore (2000), Owens Vadisinde arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişimleri izlerken Landsat TM ve ETM+ görüntüleri kullanmıştır. Altı yıllık kuraklık döneminden sonra meydana gelen vegetasyon değişimlerinin incelendiği çalışmada bitki örtüsünün % 80 oranında zarar gördüğünü tespit etmiştir.

Sangavongse (1995), iki farklı tarihteki Landsat TM görüntülerinden, 2,3,4 ve 3,4,5 bant kombinasyonlarını kullanarak ve 15 farklı sınıf belirleyerek arazi örtüsü haritaları oluşturmuş, bu haritaları karşılaştırarak arazi kullanım-azali örtüsü değişim haritasına ulaşmıştır. Sangavongse yaptığı çalışmada, tarım arazisi ve kentsel gelişme alanlarında artış görülürken ormanlık alanlarda azalma tespit etmiştir. Ayrıca bu çalışmada bitki örtüsü hakkında ayrıntılı bilgi alabilmek amacı ile normalleştirilmiş bitki indeksini (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) oluşturmuştur.

Güler ve diğerleri (2006), 1980, 1987, 1999 yıllarında alınan uydu görüntülerini kullanarak Samsun İli'nin arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimlerini izlemişlerdir. Alınan görüntüler arazi kullanımı ve arazi örtüsüne göre altı ayrı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar kentsel alanlar, tarım alanları, yoğun orman alanları, seyrek orman alanları, kurak arazi ve sulak alanlardır. Çalışma periyodunda bu alanlarda önemli değişimlerin olduğunu görüntülerden tespit edilmiş, bu değişimlerin oranları belirtilmiştir.

Eva ve Lambin (2000), yangınlar ve arazi örtüsü değişimi ilişkisini uzaktan algılama yöntemi yardımıyla irdelemiştir. İki farklı tarihteki Spot XS ve yine iki farklı tarihteki Landsat TM görüntüleri 50 m'ye örneklerek sınıflandırma çalışmasını yapmışlardır.

Fuller vd. (1994), arazi örtüsü haritası oluştururken Landsat TM görüntülerini 25 m'ye örnekleterek kullanmışlardır. Bu çalışmada 3,4,5 bant kombinasyonları kullanılarak 25 sınıftan oluşan arazi örtüsü haritası elde edilmiştir. Tongmanivong (2002), arazi kullanımındaki değişimleri 1995 ve 1997 yıllarına ait iki Landsat TM görüntüsü

kullanarak izlemiş ve değişim haritasını oluşturmuştur. Çalışmada iki yakın tarihli görüntü kullanıldığı için bindelerle ifade edilen çok küçük ölçekte bir değişim saptanabilmiştir.

### **1.6. Orman Yollarının Planlanmasında CBS ve Uydu Görüntülerinin Kullanılması**

Gelişmiş teknoloji günümüz ormancılığı içindeki birçok çalışma alanında kullanılmaktadır. Bunlardan biri olan uydu görüntüleri ormancılıkta envanter, planlama, kontrol gibi amaçlara hizmet için kullanılmaktadır. Uydu görüntülerinin orman yol ağlarının planlanmasına da hizmet edebildiği bilinmektedir. Buna göre uydu görüntüleriyle yol geçki alanına ait özellikler üzerine bilgiler toplanabilir, bunlar CBS ile kombine edilerek veri bankasında depolanıp işlenebilir. Orman yolu inşasının çevreye verdiği zararların belirlenerek tercih edilebilir ve amaçlara uygun orman yol planları yapılması uydu görüntüleriyle sağlanabilir.

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), verilerin mekansal bilgileri ile birlikte elde edilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren bilgisayar destekli bir sistemdir. Bu sistem coğrafi veri, bilgisayar donanım ve yazılımı ile insanın yapısal bileşenlerinden oluşmaktadır (oban, 2006).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri depolama formatları vektör veriler ve raster verilerdir. Noktalara bağlı olarak temsil edilen veriler vektör verileri oluşturmaktadır. Vektör veriler gerçek dünya üzerindeki konumu bilinen ve koordinat bilgisine sahip mekansal veri depolama formatıdır. Bu veriler öznitelik bilgileri ile doğrudan bağlantılıdır. Her bir vektörel objeye ait ilgili tabloda bir kayıt bulunur ve bu kayıta o objeye ait öznitelik bilgileri bulunur. Vektörel veri depolama formatıyla gerçek dünya üç veri tipinde modellenir. Bunlar noktasal veriler (point), çizgisel veriler (line) ve alansal veriler (polygon)'dur. Hücrelere bağlı olarak temsil edilen veriler ise raster verileri oluşturur. Raster veri yapısı mekan üzerindeki verilerin düzenli dizilmiş gridal bir yapıdaki hücrelere (pixel) aktarılmasıyla oluşur. Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve taranmış kağıt haritalar raster formatında depolanır (Yomralıoğlu, 2002).

CBS'nin orman yollarının planlamasında kullanımına ilişkin ilk çalışmalara son yıllarda başlanmıştır (Acar vd., 2001). Yapılan ilk çalışmalarda orman yollarının planlanmasında kriter olarak kullanılabilcek verilerin coğrafi veri tabanından elde edilip hızlı ve doğru bir şekilde orman yol ağı planı üretimi amaçlanmıştır.

Orman yol ağlarının planlanması sırasında bir çok ve farklı tipteki verilerin değişik kaynaklardan ve değişik formatlarda toplanması, klasik yöntemlerle çok zor gerçekleştirilmekte, birçok verinin de değerlendirilmesini imkansız hale getirmektedir. Etkin bir orman yol ağı planlamak için tüm etken faktörlerin bir katmanda toplanarak bunların bir arada değerlendirilmesi gerekir. Özellikle yer verilerinin eldesi için yersel metotlar kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri, yersel metotlara bir alternatif olarak birçok planlama elemanını bir arada analiz etmeyi sağlarlar. Böylelikle, orman yol geçkisinin geçeceği alandaki bitki örtüsü niteliği ve dağılımı, topografik yapı, drenaj durumu, heyelanlı alanlar, taban suyu yüksek alanlar, yüzeysel su akışı kötü alanlar, hareketli zeminler, sel ve erozyona duyarlı alanlar, vb. özellikler tespit edilebilir. Yine uydu görüntüleri yardımıyla pozitif ve negatif kardinal nokta tespiti rasyonel olarak sağlanabilir. Planlar da bu esaslara göre kısa zamanda, düşük maliyetli, verimli ve çevreye duyarlı olacak şekilde oluşturulabilir.

Bir orman yol geçkisinin tasarlanması ve etüdü sırasında şu teknik esaslara dikkat edilmesi gerekir:

- Bir orman yolu doğanın yapısını ve görünümünü bozmamalıdır,
- Heyelan tehlikesi olan yamaçlardan, taşıma yeteneği olmayan araziden, yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerden, değerli tarım alanlarından orman yolu geçirilmemelidir,
- Güney yamaçlardan ve kuru yerlerden orman yolları geçirilmeye gayret edilmelidir.

Teknik esaslar için gerekli veriler uydu görüntülerinden kolaylıkla temin edilebilmektedir (Köse vd., 2001). Orman yol ağının planlanması yapılırken uydu görüntülerinden orman ünitesi sınırlarının belirlenmesi, yol yapım zorluğu gösteren yerlerin tespiti, eğim sınıflarının belirlenmesi işlemleri kolaylıkla yapılabilmektedir.

Arazide yol geçkileri belirlenirken dikkat edilmesi gereken arazi kriterleri şöyle sıralanabilir (Erdaş 1997):

- Alanın drenaj durumu,
- Arazinin toprak özellikleri,
- Hidrolojik faktörler,
- Yol eğiminde istikrar,
- Bitki örtüsü türü ve kapallığı,
- İnsan eli ile yapılan yapılar,
- Röliyef.

Günümüzde uydulardaki hızlı gelişme ile elektromanyetik tayfin görünür, kızılötesi ve mikrodalga aralıklarında algıladığı bant sayıları artmış ve yersel ayırım gücü 1 metrenin altına inecek ölçülere yükselmiştir. Bu da arazi örtüsü, arazi kullanımı ve orman envanterinin geniş ölçekli boyutlarının yanı sıra, daha küçük bölge ve alanların da uydu verileri ile yeni ayrıntılarda çalışılabilmesi olanağını getirmiştir. Bu anlamda, orman yolları inşaatının çevre üzerindeki etkilerinin tespiti ile uydu görüntülerinden anlamlı güvenilirlik düzeylerine çıkarılabilmesi ulaşılabilir bir hedef haline gelmiştir (Arıca, 2002).

Uydu görüntülerinin yol planlamasında kullanılması şu imkanları sağlamaktadır (Erdaş 1997):

- Yol projesi için gerekli şeritsel yol güzergahı çalışmalarının yapımını kolaylaştırır,
- Taşınmaz mal sahiplerini rahatsız etmeden ve daha kolay yol geçkisi tespitini sağlar,
- Harita ve diğer belgelerden daha fazla bilgi verir,
- Çalışmalar sırasında tereddütlü durumlar olursa istenilen bilgiler araziye çıkılmadan elde edilebilir,
- Klasik yöntemlere göre ekonomik açıdan % 30-40 oranında daha tasarrufludur,
- Yol yapımı sırasında ve sonrasında şüpheli görülen ölçü ve bilgilerle bunlara dayalı hesaplar kontrol edilip düzeltilebilir,
- Sanat yapısı ve diğer tesislerin yerleri, araziye çıkılmadan görüntü üzerinden tespit edilebilir.
- Keşif ve aplikasyon aşamalarında daha az elemanla çalışılarak tasarruf sağlanabilir,
- Gerek geçki değişikliği, gerekse düşünülen diğer yapı ve kuruluşların projelendirilmesi için mevsim ve hava şartlarına bağlı olmaksızın, görüntüler üzerinde ölçüm ve çalışmalar yapılabilir.

Orman yollarının planlanmasında, uydu görüntülerinden elde edilen veri tabanı üzerinde orman yol güzergahlarının belirlenmesi büroda gerçekleştirilebilir ve belirlenen alternatifler yersel çalışmalar ile karşılaştırılarak en uygun olanı seçilebilir. Ayrıca uydu görüntülerinin sayısallaştırılmasından sonra arazi üzerindeki orman ürünlerinin niteliklerine ve transportu gerçekleştirecek yöntem-makinelerin özelliklerine göre yol geçkisi belirlenebilir.

GPS ve CBS teknolojilerinin kullanılmasıyla orman yollarının envanteri tam, hızlı ve ekonomik olarak yapılabilir (Gümüş ve Acar, 2003). CBS nitelikleriyle birlikte vektör formunda saklanan coğrafi bileşenlerle öncelikle bilginin yönetimini sağlayan bir yaklaşım bütünü ve gelişimidir. Gelişmiş bir CBS sadece coğrafi olarak konumlandırılmış verileri değil, herhangi bir mekansal veriyi kullanabilir nitelikte olmalıdır (URL-1, 2007).

Ülkemizde son yıllarda otoyolların planlamasında kullanılan sayısal arazi modellerinin dağlık bölgelerde yer alan orman yollarının plan ve proje çalışmalarında kullanılması para ve zaman olarak yapılan harcamaları büyük ölçüde azaltacaktır. Çünkü yapılan araştırmalar sayısal veriler ile bilgisayar ortamında çalışmanın klasik yöntemle göre çok daha ucuz olduğunu göstermektedir (Acar vd., 2001).

Geniş bir alana yayılmış olan ülkemiz orman alanlarının işletmeye açılması için ihtiyaç duyduğu orman yol ağlarının planlanmasında ve yol geçkilerinin oluşturulmasında veri temini günümüzde araziye çıkılarak yersel ölçümler ile yapılmaktadır. Ormanlık alanlarda yol ağı planlama ve yol geçkilerinin oluşturulmasında uydu görüntüleri kullanılarak araziye ait verilerin temini, ülkemiz ormancılığı açısından ekonomik, teknik ve zamansal açıdan olumlu yönde bir çalışma olacaktır.

Rogers (2005), otomatik olarak yol güzergahı belirleyen CBS tabanlı "PEGGER" adlı ara yazılımı geliştirmiştir. PEGGER yazılımı ArcView programı için geliştirilmiş ek bir yazılımdır. Bu yazılım sayesinde kullanıcı planlanacak olan yolun yönünü, eğim derecesini girerek yolun geçkisini hazırlayabilmektedir. Standart CBS fonksiyonlarını kullanarak yazılım aracılığıyla oluşturulan alternatif geçkilerin inşaat maliyeti, eğim sürekliliği ve derecesi hızlıca analiz edilebilmektedir.

Akay vd. (2007) yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki yol dizayn spesifikasyonlarını, ekonomik verileri ve orman özelliklerini dikkate alarak, modern optimizasyon yöntemleri ve CBS teknolojisi destekli bir orman yolu modelini sunmuşlardır. Bu model birçok alternatif orman yolu güzergahını sistematik olarak değerlendirmekte ve yol dizayn spesifikasyonlarını, çevresel şartları, sürücü güvenliğini ve sediment üretimini göz önünde bulundurmaktadır.

### 1.7. Tezin Konusu ve Amacı

Mevcut haliyle orman yol geçkileri planlanırken orman yolu inşaatı sonrası alanda oluşacak tahribat durumu göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu durum bazen yenilenmesi çok zor olan önemli çevre tahribatlarına neden olabilmektedir. Bir orman yolunun planlama aşamasında; yolun geçeceği araziye ait bilgilerin uzaktan algılama verilerinden elde edilip, CBS veritabanında sorgulanarak yol inşaatının etkileyeceği alanları önceden belirlemek tezin ana konusunu oluşturmaktadır.

Yapılan tez kapsamında yol inşaat çalışması ile meydana gelecek alansal tahribat ve tahribatın etki mesafesinin önceden tespiti yapılacaktır. Yol inşaatı sırasında yolun yamaç tarafında kalan materyalin biriktiği *dolgu mesafesi* ve dolgu alanı dışında kalan materyalin *yuvarlanma mesafesi*'nin önceden tespiti için bir yöntem geliştirilecektir.

Bu amaçla yapımı planlanmış bir orman yol geçkisinin bulunduğu alana ait uydu görüntüsü alınmış, alana ait veriler CBS veritabanına girilerek sorgulanmış ve yol yapımından dolayı zarar görmesi muhtemel alanları önceden belirleyecek bir model oluşturulmuştur.

Çalışmada uzaktan algılama verileri kullanılarak; orman yolu dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanı hesaplama kriterleri belirlenmiş, uygun yöntem ve geçkilerin seçilme kriterleri ile planlama şekli belirlenmiştir. Hedeflenen amaca ulaşacak bir modelin oluşturulması için geçki etüdü yapılmış olan bir orman yolunun yapımından önce ve yapımından sonra alandan alınan görüntüler ile yersel yöntemlerle toplanan verilerin değerlendirmesi yapılmıştır.

Örnek alandan geliştirilen bu model yardımıyla gelecekte yapılacak orman yolları için; dolgu alanının ve inşaat alanı dışına yuvarlanan materyalin etki mesafesinin planlanma aşamasında önceden belirlenmesi hedeflenmiştir. Tezde bu hedeflere ulaşmak için optimal bir model üretilmesi amaç edinilmiştir. Böylece, ileride yapılacak olan orman yolları planlamasında alansal tahribatın yol yapımı öncesinde belirlenmesi sağlanabilecektir. Ayrıca, tahribatın kabul edilebilir limitten fazla olması durumunda geçki değişikliğine de gidilebilecektir. Dolayısıyla asgari derecede olumsuz bir çevresel etkinin sağlanması, teknik-ekonomik artıları da beraberinde getirecektir. İnşa edilmiş olan bu yola iki alternatif geçki daha hazırlanarak geliştirilen model yardımıyla bu geçkilerin vereceği alansal tahribat hesaplanıp tartışılmıştır.



Bu çalışma doğal alanlar üzerinde yapılacak bütün yol planlama ve yapım çalışmaları için büyük oranda minimum negatif çevresel etkiyi sağlayacaktır. Devamında teknik ve ekonomik yararları da beraberinde getirecektir.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Bu bölümde öncelikle araştırmanın coğrafi, teknik ve zamansal açıdan sınırlandırılması yapılmıştır. Materyal kısmında çalışma alanının konumu ve tanıtımı, veri kaynakları, orman yolu planlaması ve durumu, arazide kullanılan materyal, çalışmada kullanılan yazılım ve donanımlar anlatılmıştır. Yöntem kısmında ise CBS veri tabanı çalışmaları, araziye ilişkin çalışmalar, uydu görüntüleri değerlendirme çalışmaları, araştırmanın yürütülmesinde arazide ve büroda izlenen yöntem ile modelleme konuları yer almaktadır.

### **2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması**

Çalışma alanı olarak Gümüşhane İli, Kürtün İlçesinde bulunan 126 Kod nolu orman yolu ve yakın çevresi seçilmiştir. Çalışma alanı seçilmeden önce tezin arazi çalışmalarının başlangıç tarihi olan 2005 yılı içerisinde Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yapılacak olan toplam 40 km'lik orman yolu incelenmiştir. Torul Orman İşletme Müdürlüğü, Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 126 Kod nolu orman yolu 3+081 km uzunlukla bir defada yapılacak olan en uzun yol olmasından dolayı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Araştırmaya konu olan yolun inşaatı 2005 Eylül ayında başlamış ve 2006 yılı Ağustos ayında tamamlanmıştır. 126 Kod nolu orman yolunun seçilmesinin bir diğer nedeni de yol geçkisinin birçok farklı arazi sınıfı üzerinden geçmesidir. Çalışmaya konu olan yol geçkisi orman içi açıklıklardan, bozuk kapalılıktaki meşcerelerden ve kapalılıkları yüksek yoğun orman alanlarından geçmektedir.

Yolun geçeceği araziye ait arazi sınıfının belirlenmesi için QuickBird uydu görüntüsü seçilmiştir. QuickBird görüntüleri 0,61 m çözünürlük değeriyle yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerdendir. Orman yol inşaatı alanı metre hassasiyetinde hesap gerektirdiğinden dolayı yüksek çözünürlüklü QuickBird uydu görüntüsü veri kaynağı olarak seçilmiştir. 126 Kod nolu orman yolu inşaatından önce alınan (05.08.2005) QuickBird uydu görüntüsü ile yolun yapılacağı alana ait arazi sınıflandırması yapılmıştır.

Yolun inşaatının tamamlanmasından sonra alınmak istenen ikinci QuickBird görüntüsü, uydudan kaynaklanan teknik sebeplerden dolayı alınamamıştır. QuickBird uydu

görüntüsü yerine çözünürlüğü 2,5 m olan 24.05.2007 tarihli Spot 5 uydu görüntüsü alınmıştır. Bu görüntü 126 Kod nolu orman yolunun inşaat alanının görüntü üzerinden belirlenmesinde kullanılmıştır.

Tez çalışması ile geçkisi yapılmış olan bir orman yolunun inşaatından sonra, dolgu alanının ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etkilediği alan belirlenmiştir. Yol inşaatı sırasında oluşan materyalin yamaçta biriktirilmesi sonucunda orman alanında kayıp oluşmaktadır. Dolgu materyalinin yuvarlanması sonucunda da dolgu alanı altında kalan meşcerelerde kalıcı veya geçici hasarlar oluşmaktadır. Bu tezde geliştirilen yöntem ile orman yol geçkilerinin planlanması sırasında söz konusu alanların önceden tespiti sağlanmıştır. Bu alanların önceden belirlenebilmesi sayesinde gerekli durumlarda geçki değişikliği yoluna gidilmesi veya fiziki yapıların inşa edilmesi gerekli olan noktalar belirlenebilecektir.

## **2.2. Materyal**

### **2.2.1. Çalışma Alanının Konumu ve Tanıtımı**

Araştırma alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Gümüşhane İli, Kürtün İlçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Çalışmaya konu olan alan Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Torul Orman İşletme Müdürlüğü, Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunmaktadır.

Kürtün Alacadağ Bölgesi, Doğu Karadeniz Dağlarının kuzeye bakan kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle Karadeniz ikliminin belirgin etkisi altındadır. Bölgede yılın her ayı yağışlı geçmekte ve yağışlar genellikle yağmur olarak düşmektedir. Fakat yüksek kısımlar kış mevsiminde dört-beş ay karla kaplıdır. Gümüşhane meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre alanı yıllık ortalama sıcaklığı 10,3 °C, maksimum sıcaklığı 27,5 °C, minimum sıcaklığı ise -4,4 °C'dir. Ortalama nisbi nem oranı % 70 olup, ortalama yağış miktarı 1 759,8 mm'dir (Devlet Meteoroloji İşleri Gen. Md., 2005).

Bölge içerisinde yaşayan halkın gelir kaynağını genel olarak hayvancılık, ziraat yönünden de fındık, mısır ve patates yetiştiriciliği oluşturmaktadır. Yöre halkı son zamanlarda geçim kaynağı olarak orman yolu ve istihsal işlerinde çalışmak, hayvan otlatmak suretiyle ormanlardan yararlanmaktadır. Bunun yanında zati yapacak ve yakacak

ihtiyaçlarını usulüne uygun veya kısmen de olsa usulsüz olarak ormandan temin etmeye çalışmaktadırlar.

Alacadağ Orman İşletme Şefliği'nin toplam alanı 12 796 ha, ormanlık alanı 10 307,5 ha'dır. Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içinde genel olarak yapraklı türlerin ibrelilere oranla daha az oldukları tespit edilmiştir. Alanda ibreli türlerden genelde sarıçam, göknar ve ladin türlerinin bulunduğu, yapraklı tür olarak ise daha çok bozuk durumda meşe türlerin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ladin, göknar ve sarıçam türlerinin yer yer karışık meşcere oluşturdukları da belirlenmiştir (Orman Bakanlığı, 2005).

Alacadağ Orman İşletme Şefliği'ne ait orman yol durumuna ait bilgilerin elde edilmesinde, 1978 - 2006 yılları arasında yürürlükte olan "Genel Yol Şebeke Planı"ndan yararlanılmıştır. Alacadağ Orman İşletme Şefliği alanda planlanan yol yoğunluğu 19,30 m/ha'dır. Yol ağı planına göre; işletmenin orman yolu uzunluğu 207+800 km; köy yolu uzunluğu 21+100 km ve kara yolu uzunluğu 21+000 km olmak üzere toplam 249+900 km'dir. Şeflik sınırları içerisindeki planlanan toplam yol türü ve miktarları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Alacadağ Orman İşletme Şefliği için planlanan yol türü ve miktarları (Orman Bakanlığı, 1987).

Yol Türü	Miktarı (km+m)
Köy Yolu	21+100
Orman Yolu	207+800
TCK	21+000
<b>TOPLAM</b>	<b>249+900</b>

Planlanan 207+800 km'lik orman yolundan yeni inşa edilmesi gereken 119+000 km'lik yolun 4+400 km'si dere yolu, 114+600 km'si yamaç yolu olarak planlanmıştır. Alacadağ Orman İşletme Şefliği alanında bulunan orman yollarında ortalama eğim % 8 - 10 arasındadır. Dere içleri, yol kavşak noktaları ve arazinin dikte ettirdiği yerlerde kısa mesafelerde % 11 - 12 eğimlere rastlanmıştır. Ters eğimlerde ise % 6'dan yüksek eğimlere rastlanmamıştır. Yol inşaatları sırasında kavşaklarda doğal olarak laseler oluşmakta ancak, kamyon trafiğini engelleyecek özellik göstermemektedirler.

2005 yılında Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde toplam 40 km (17 km Trabzon, 5 km Sürmene, 2 km Maçka, 9 km Torul, 7 km Pazar) yeni orman yolu yapılmıştır. Geniş bir alana sahip Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 2005 yılında bir defada yapılan en uzun orman yolu çalışmaya konu olan 3+081 km ile Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırlarında bulunan 126 Kod nolu orman yoludur. Çalışma alanı IUFRO tarafından kabul edilen sistemdeki eğim sınıflarına göre dik arazi (% 36-50) eğim sınıfına girmektedir. 126 Kod nolu orman yolunun inşaatında “Hyundai” marka ekskavatör ve “Caterpillar” marka dozer kullanılmıştır.

126 Kod nolu orman yolu, jeomorfolojik açıdan değerlendirildiğinde yolun yüksek dağlık arazide bulunduğu gözlemlenmiştir. Yol inşaat alanının denizden ortalama yüksekliği yaklaşık olarak 1 248 m olarak tespit edilmiştir. Yolun geçtiği alanının ortalama arazi eğimi % 65’dir. Şekil 2’de yolun başlangıç noktasına ait bir resim görülmektedir.



Şekil 2. 126 kod nolu orman yolundan bir görünüm

### 2.2.2. Veri Kaynakları

Çalışma alanında ait 05.08.2005 tarihli QuickBird 2 uydu görüntüsü ile 24.05.2007 tarihli Spot 5 görüntüsü “Nik İnşaat” firmasından satın alınmıştır. QuickBird görüntüsü 126 Kod nolu orman yolunun inşaatından önce, Spot 5 görüntüsü ise bu yolun inşaatının tamamlanmasından sonra çekilmiş görüntülerdir.

Bu çalışmada kullanılan 0,61 m çözünürlükte QuickBird görüntüsünün ve 2,5 m çözünürlükte Spot görüntüsünün kenar koordinatları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Uydu görüntülerinin kenar koordinatları

Nokta No	Coğrafi Koordinatlar	
1. Nokta	39° 04' 00" D	40° 47' 30" K
2. Nokta	39° 10' 00" D	40° 47' 30" K
3. Nokta	39° 10' 00" D	40° 43' 30" K
4. Nokta	39° 04' 00" D	40° 43' 30" K

Elektro-optik algılayıcılar pasif görüntüleme cihazları olup elektromanyetik enerjiyi ölçerler. Bu enerji öncelikli olarak güneşten gelip dünya yüzeyinden yansımından ortaya çıkar. Bunun sebebi kendi enerji kaynaklarından enerji yaymamalarıdır. Bu tür uydular da “pasif uydu” olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada kullanılan QuickBird ve Spot 5 uyduları pasif uydulardandır (URL-7, 2008).

Dijital uydu görüntüleri raster türünde verilerdir. Raster, kısaca görüntünün sayısız küçük ünitelerden veya piksellerden (resim elementleri) oluşması anlamına gelmektedir. Vektör veriler ise nokta, çizgi ve poligonlardan oluşan veri türüdür.

Çalışmada kullanılmak üzere alınan uydu görüntülerinin her ikisi de pankromatik olarak alınmış uydu görüntüleridir. Pankromatik olarak alınan uydu görüntüleri;

- Yüzey yapılarını ve objeleri fiziksel görüntülerine bakarak (örneğin: şekil, boyut, renk, yönelme vb.) belirlemede, ölçmede ve yerleştirmede,
- Bina, yol, ev, havaalanı gibi insan yapısı olan yapıların doğru olarak yerlerini belirlemede ve haritalamada,

- Mevcut haritalardaki fiziksel yapıları güncellemede,
- Su ve kara sınırını belirlemede,
- Şehirlerin büyümesini ve gelişmesini incelemeye,
- Oldukça yüksek doğrulukta dijital yükseklik modeli elde etmede,
- Arazi kullanımını tespit etmede

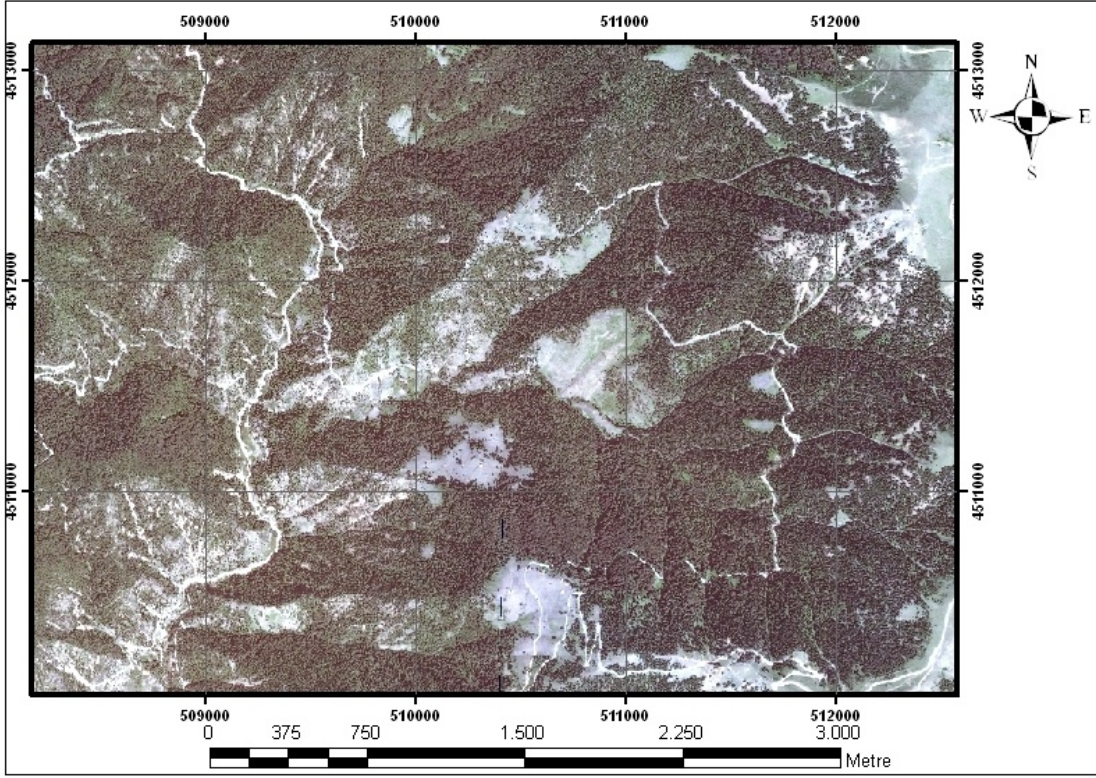
kullanılırlar (URL-3, 2007). Çalışmada kullanılan görüntüler 4 bantlı kaynaştırılmış (pan-sharpen) veri içermektedir.

QuickBird 2 uydusu “Digital Globe” isimli özel bir ABD şirketi tarafından çalıştırılmaktadır. Uydunun veri gönderiminin başlangıç yılı 2001’dir. QuickBird 2 uydusu bir görüntüyü (17 km x 17 km) yaklaşık 4 saniyelik bir sürede çekmektedir. Uydunun yörünge yüksekliği 450 km’dir. Uydunun pankromatik ve multispektral sensörleri bulunmaktadır. Çözünürlük değerleri 0,6 m Pan (nadir), 2,5 m multispektral (nadir) dir. Spektral Bant Genişliği 445’den 900 nanometre’ye kadardır. Dinamik menzil her piksel için 11 bit’dir (URL-4, 2008).

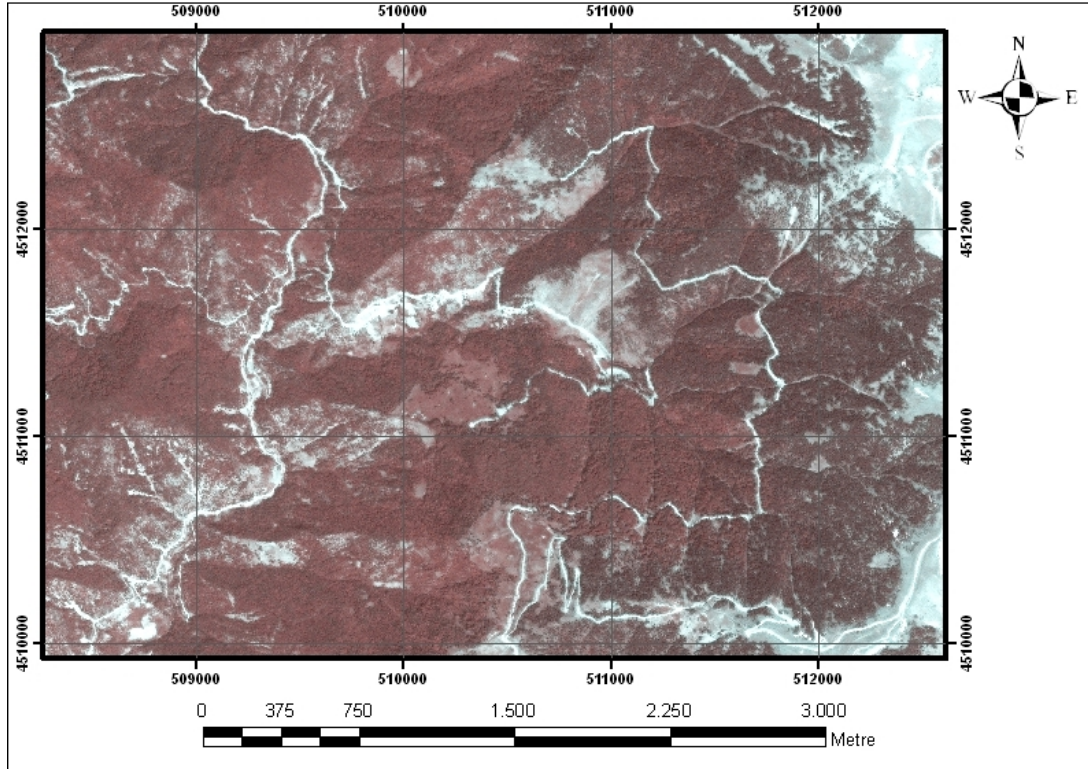
Doğal kaynakların izlenmesi ve tespitinde Spot 5 uydusu görüntüleri değerli kartografik bir referanstır. Spot 5 uydusu “CNES/SPOT” isimli operatör tarafından çalıştırılmaktadır. Veri gönderiminin başlangıç yılı 2002’dir. Yörünge yüksekliği 822 km’dir. Uydunun pankromatik, multispektral ve kısa dalga infrared bandı sensörleri bulunmaktadır. Çözünürlük değerleri 2,5 m Pan (nadir), 3,0 m multispektral (nadir), 20 m kısa dalga infrared (SWIR)’dir. Spektral Bant Genişliği 490’dan 690 nanometre’ye kadardır. Dinamik menzil her piksel için 8 bit’dir (URL-5, 2008).

Çalışma alanına ait 05.08.2005 tarihli QuickBird uydu görüntüsü Şekil 3’de ve 24.05.2007 tarihli Spot uydu görüntüsü Şekil 4’de verilmiştir.





Şekil 3. Çalışma alanına ait 05.08.2005 tarihli QuickBird uydu görüntüsü



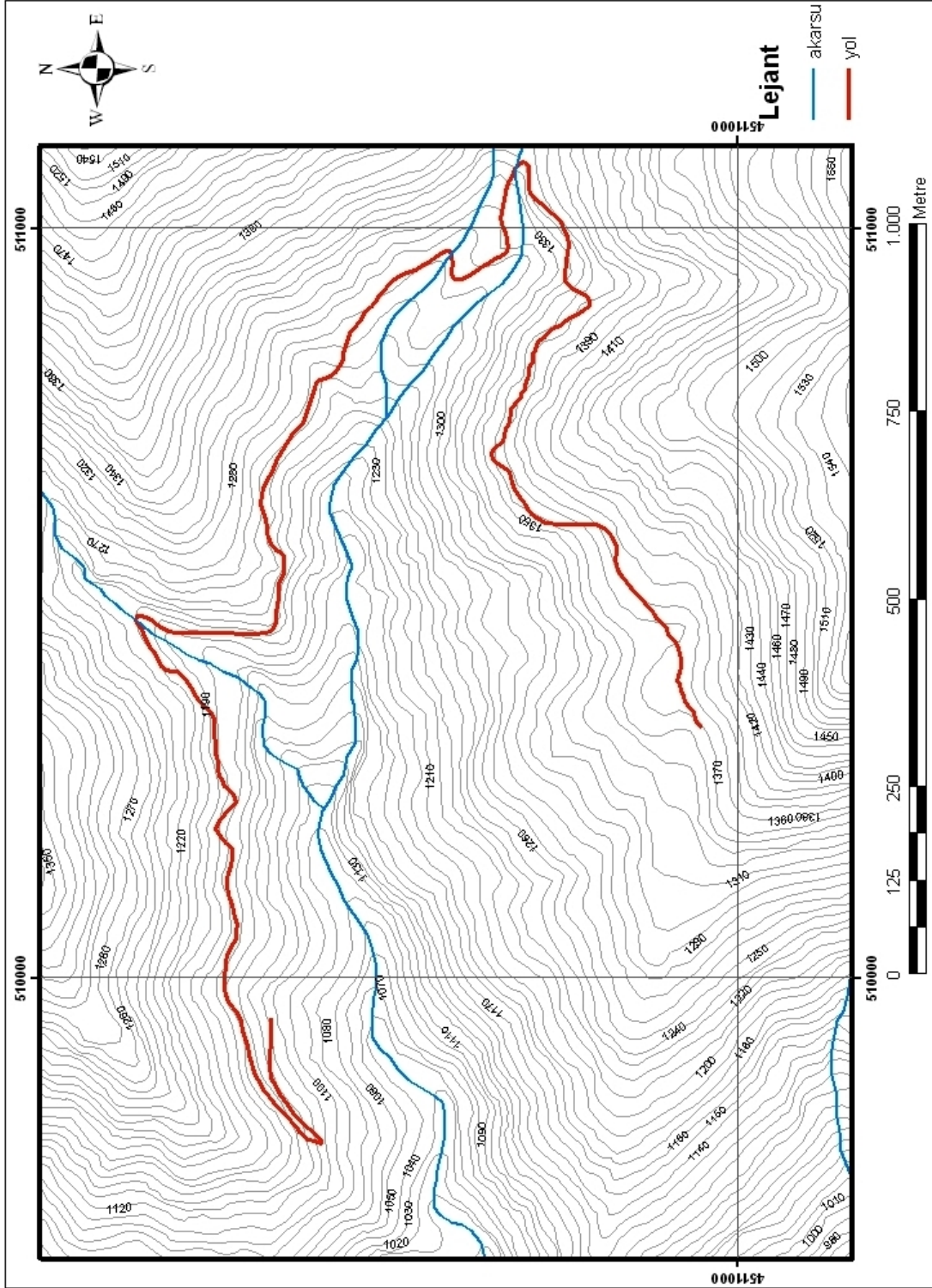
Şekil 4. Çalışma alanına ait 24.05.2007 tarihli Spot uydu görüntüsü



Uydu görüntülerinin görsel olarak yorumlanabilmesinde yazılımların büyük katkıları vardır. Standart bir uydu görüntüsü 8 bit veride rengin 256 tonuna sahiptir. İnsan gözü ise bunlardan sadece 32'sini ayırt edebilir. Bu nedenle çok büyük bir veri miktarını insan gözü kullanamaz. Birçok yazılım paketi, sayısal uydu görüntüsünden anlamlı bilgiler çıkarmayı, yorumlamayı, analiz yapmayı ve zenginleştirme işlemlerinin yapılmasını mümkün kılar. İlk başlarda oldukça pahalı ve çok karmaşık işlemler gerektiren bu yazılımları günümüzde normal bilgisayarlarda ve az bir eğitim alınarak kullanılması mümkündür. Ayrıca belli endüstriler örneğin; madencilik, ormancılık ve şehir planlama için geliştirilmiş özel arayüz yazılımlar da bulunmaktadır.

Çalışma alanına ait 1 / 25 000 ölçekli standart topografik haritalar, amenajman planı meşcere haritası ve orman yolları şebeke planı Gümüşhane Torul Orman İşletme Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan standart topografik haritalar 1984 yılı baskılı Trabzon G42-a4, Trabzon G42-a3, Trabzon G42-d2, Trabzon G42-d1 paftalarıdır. Amenajman planı 15. Orman Amenajman Heyeti tarafından 1987 yılında hazırlanmış ve 1987-2006 yıllarında geçerlidir. Alacadağ Orman İşletme Şefliği Orman Yolları Şebeke Planı da 1996 yılında hazırlanmıştır.

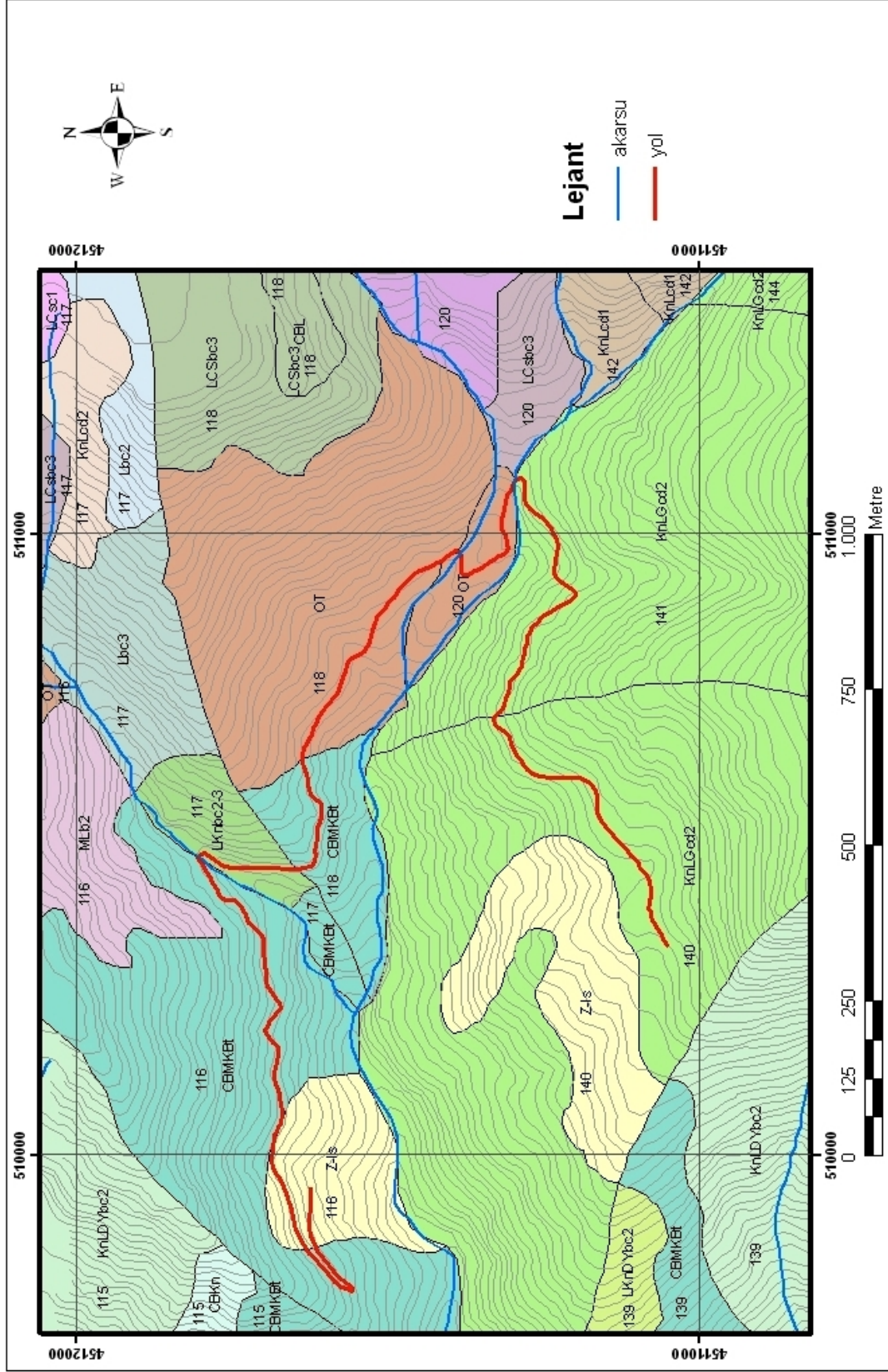
Uydu görüntüleri üzerinde işlem yapabilmek amacı ile ERDAS Imagine 9.0 yazılımı, grafik verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasında ArcMap 9.2 yazılımları kullanılmıştır. Uydu verilerinin geometrik düzeltme aşamasında, arazi çalışmaları sırasında GPS ile sabit noktalardan alınan veriler kullanılmıştır. Bunun yanı sıra alana ait fotoğraflardan, yurt içi ve yurt dışında bu konu ile ilgili olarak hazırlanmış olan kitap, tez, makale, bildiri gibi kaynaklardan da yardımcı materyal olarak yararlanılmıştır.



Şekil 5. Çalışma alanına ait topografik harita ve yol geçkisi

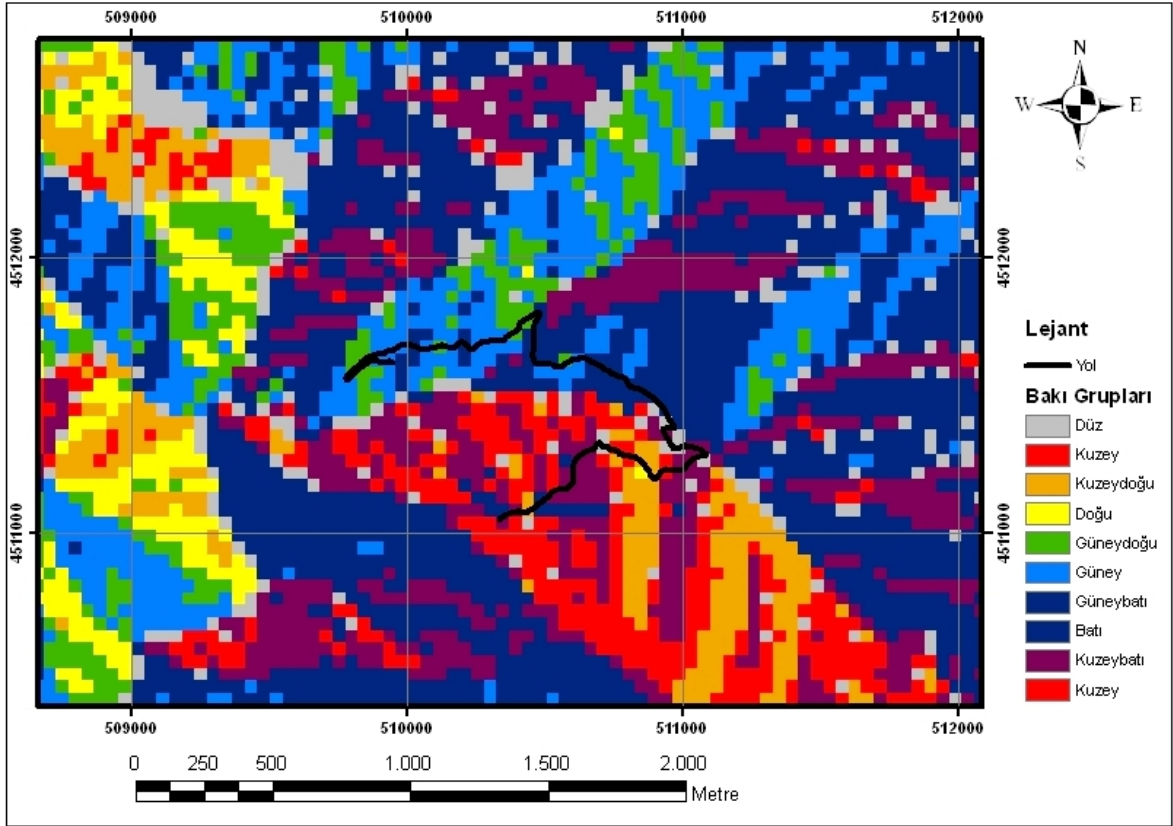
Alacadağ Orman İşletme Şefliği Amenajman planı içerisinde bulunan meşcere haritası ArcMap yazılımında sayısallaştırılmıştır. 126 Kod nolu orman yolu 116, 117, 118, 120, 141, 140 nolu orman bölmelerin içerisinde geçmektedir. Yolun geçtiği bölmeler ve bu bölmelerdeki meşcere tipleri Şekil 6'da gösterilmiştir.

126 Kod nolu orman yolu Ziraat-İskan alanı (Z-İs), Çok Bozuk Meşe-Karışık Baltalık meşceresi (ÇBMKBt), Ladin-Kayın meşceresi (LKnbc2-3), Orman Toprağı (OT), Kayın-Ladin-Gök nar meşceresi (KnLGcd2) içerisinde geçmektedir. Z-İs ve OT alanları üzerinde orman örtüsü olmadığından kapalılığı olmayan açık alanlar, ÇBMKBt meşceresi bozuk kapalılığa sahip orman alanı, LKnbc2-3ve KnLGcd2 meşcereleri ise kapalılıkları (% 41-100) yüksek olan orman alanlarıdır.



Şekil 6. Yolun geçtiği alanın meşçere haritası ve yol geçkisi

126 Kod nolu orman yolunun bakı haritası ve yol geçkisi Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Yolun geçtiği alanın bakı haritası ve yol geçkisi

Oluşturulan bakı haritasına (Şekil 7) göre 126 Kod nolu orman yolu genel olarak güney bakılardan ve kuzey bakılardan geçmektedir. Düz ve güney bakılardan geçen orman yolları, yol üst yapısının deformasyonlar karşısında uzun süre dayanmasından dolayı tercih edilmektedir. Batı ve doğu bakılar aynı oranda güneş aldıklarından dolayı düz ve güney bakılardan sonra tercih edilebilecek 2. derecede bakı grubundadırlar. Kuzey bakılar ise orman yollarının planlanması aşamasında en son düşünülmesi gereken alanlardır.

### 2.2.3. Kullanılan Yazılım ve Donanımlar

Araştırmada arazi çalışmaları sırasında mevcut verilerin toplanması için “Garmin V” marka GPS alıcısı, verilerin depolanması ve değerlendirilmesi için dizüstü bilgisayar, arazi çalışmaları sırasında gerekli görülen noktalarda fotoğraf çekimi için dijital fotoğraf

makinesi kullanılmıştır. Orman yolunun genişlik ve eğim ölçümleri için 20 m uzunluğundaki çelik şerit metre, klizimetre ve 10 m uzunluğunda 4 adet ip kullanılmıştır.

Çalışma, ERDAS 9.0 görüntü işleme yazılımının ilgili modülleri ve ArcMap 9.2 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada alana ait standart topografik haritaların ve amenajman planı meşcere haritasının sayısallaştırılmasında, coğrafi veri tabanının oluşturulmasında, bu veri tabanı kullanılarak çeşitli sorgulamaların yapılmasında, sayısal yükseklik modelinden yararlanarak arazinin eğim ve bakı haritalarının hazırlanmasında ArcMap 9.2 coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılmıştır.

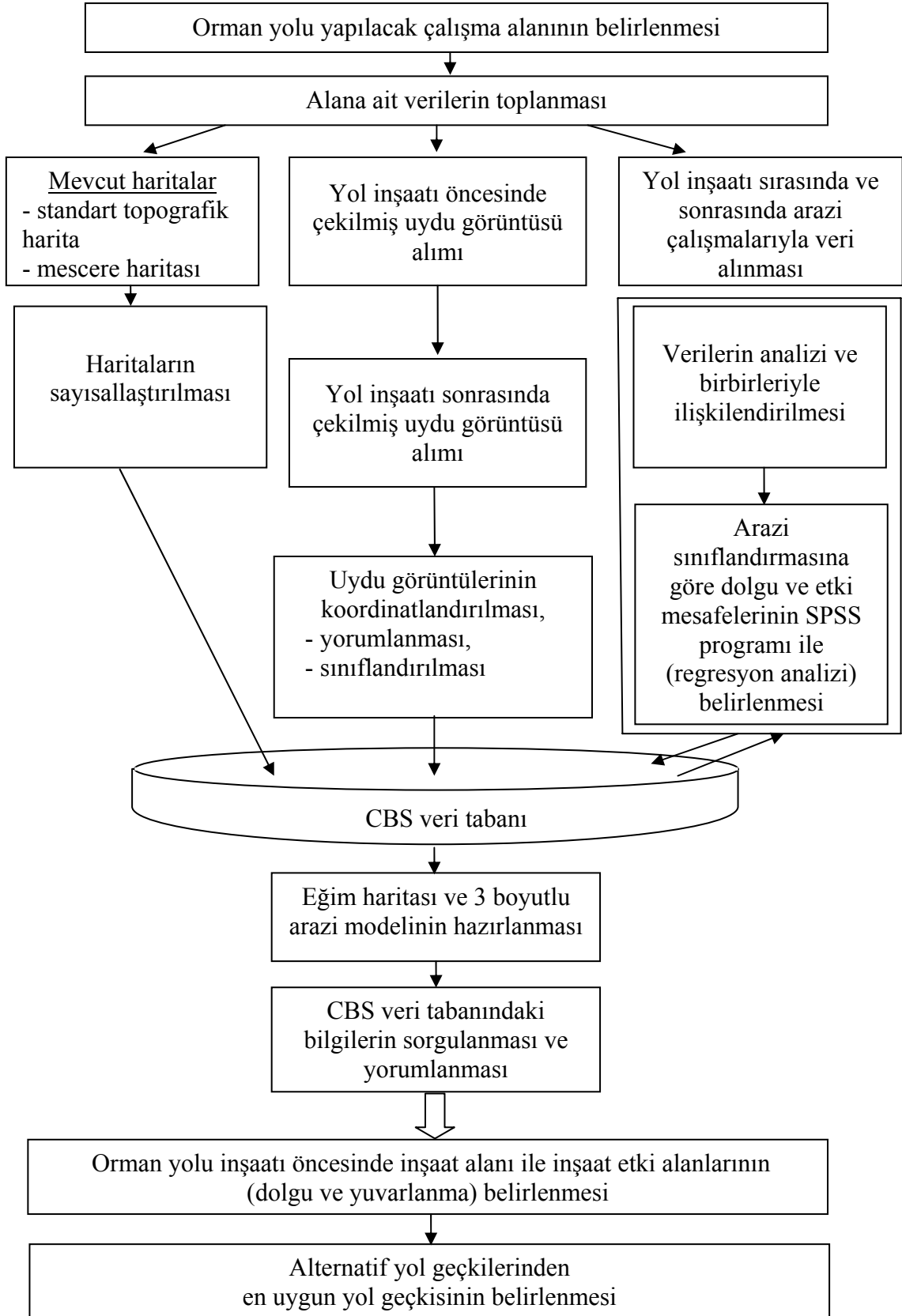
Elde edilen uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesi işlemleri sayısal yükseklik modelinin üretilmesi, araştırma alanına ait görüntülerin işlenmesi, bu görüntülerle gerçekleştirilen CBS uygulamalarında ERDAS Imagine 9.0 görüntü işleme ve coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan ERDAS yazılımı coğrafi görüntüleme ile ilgili ürünler sunan ERDAS Inc. tarafından üretilmiştir. ERDAS yazılımı, görüntü haritalama ve canlandırma, görüntü işleme ve uzaktan algılama sistemleri içeren komple bir yazılımdır (Yomralıoğlu, 2002). Alana ait elde edilen uydu görüntülerinin sınıflandırılma işlemi ve sınıflandırılan görüntünün doğruluk değerlendirme işlemi ERDAS 9.0 yazılımıyla yapılmıştır. Çalışmaya ait istatistiksel analizler "SPSS for Windows 13.0" yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### **2.3. Yöntem**

Ormancılık ve sosyokültürel amaçlara hizmet eden orman yollarının yapımından önce inşaat alanı ile inşaatın tahrip-etki alanlarının belirlenerek en uygun geçkinin belirlenmesi çevresel açıdan son derece önemlidir. Bu çalışma, uzaktan algılama verilerinden ve mevcut haritalardan elde edilen verilerin CBS veritabanına girilerek, bir orman yolunun planlama aşamasında inşaat ve çevresel tahrip mesafelerini önceden belirleyebilen bir model geliştirmek ve buna göre optimal yol geçkisi oluşturmak üzere planlanmıştır. Bu amaçla geliştirilen yöntem bir akış diyagramı halinde Şekil 8'de görülmektedir.

### ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEMİN AKIŞ DİYAGRAMI



Şekil 8. Orman yolu inşaatı dolgu-etki mesafelerinin belirlenmesi yaklaşımı



### 2.3.1. Veri Tabanı Tasarımı ve Veri Temini

Tez çalışmalarına çalışma alanının belirlenmesi ile başlanılmıştır. Çalışmalara, kullanılacak veri tabanlarının tasarımı ve kurulmasıyla devam edilmiştir. Planlama ile ilgili olan kurum ve kuruluşlardan elde edilen tüm veriler toplanıp, değerlendirilmiştir. Orman yol geçkisi planlamasında en önemli verileri yol yapımı ile ilgili pozitif ve negatif kardinal noktaların tespiti, teknik standartlar, topografik yapı, su kaynakları ve ormanın yapısı oluşturmaktadır.

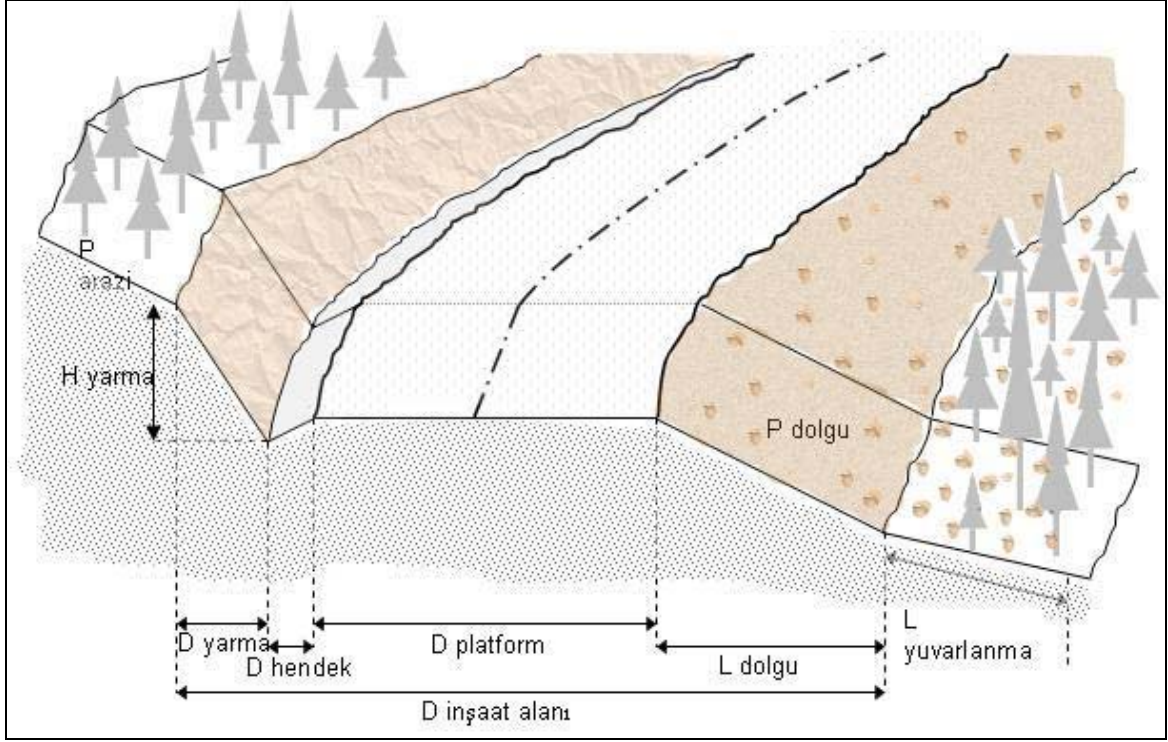
Araştırma alanına yönelik olarak verilerin toplanmasına Torul İşletme Müdürlüğü'nde mevcut olan belge ve haritalarla başlanılmıştır. Torul İşletme Müdürlüğü'nden 1 / 25 000 ölçekli standart topografik haritalar (Trabzon G42-a4, Trabzon G42-a3, Trabzon G42-d2, Trabzon G42-d1), Alacadağ Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı ve Alacadağ Orman İşletme Şefliği Orman Yolu Şebeke Planı temin edilmiştir. Temin edilen haritalar ve orman yolunun planlanmasında kullanılan verilerin CBS veritabanında yapılandırılması sağlanmıştır.

Arazinin topografik yapısının ne şekilde olduğunu tespit etmek için 3 boyutlu sayısal arazi modeli (SAM) ArcMap 9.2 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan 3 boyutlu SAM, çalışmanın her anında başvurulacak bir referans olarak veri tabanına dahil edilmiştir. Birçok kullanım alanı olan sayısal arazi modelinin oluşturulmasındaki temel amaç koordinatları bilinen noktaların yükseklik değerlerinin bulunması ver resmedilmesidir. Ayrıca, elde edilen alana ait eğim ve bakı haritalarının ArcMap ortamında analizleri yapılmıştır.

#### 2.3.1.1. Araziye İlişkin Çalışmalar

Torul İşletme Müdürlüğü, Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 126 Kod nolu 3+081 km'lik orman yolu inşaatı tamamlandıktan sonra Şekil 9'da gösterilen tüm ölçümler yol enkesiti üzerinde yaklaşık 20 m aralıklarla bir yapılmış ve alınan bu veriler önceden hazırlanan arazi karnesine kaydedilmiştir.





Şekil 9. Arazide yol enkesiti üzerinde yapılan ölçümler

Yol enkesiti üzerinde yapılan ölçümler;

- Genel arazi eğimi (P arazi) (%),
- Yarma şevinin yüksekliği (H Yarma) (m),
- Yarma şevinin genişliği (D yarma) (m),
- Hendek genişliği (D hendek) (m),
- Yol platformunun genişliği (D Platform) (m),
- Dolgu şevinin uzunluğu (L dolgu) (m),
- Dolgu şevinin eğimi (P dolgu) (%),
- İnşaat alanının genişliği (D inşaat) (m),
- Dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi (L yuvarlanma) (m)'dir.

Yol enkesitinde yapılan ölçümler için klizimetre, 20 m'lik çelik şerit metre, 10'ar metrelik 4 adet kalın ip ve GPS kullanılarak yapılmıştır. Dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi eğik mesafe olarak ölçülmüştür. Diğer mesafe ölçümleri yatay mesafe olarak ölçülmüştür. Ayrıca her ölçüm noktasına ait UTM (Universal Transfer Merkator) koordinatları, yükseltisi ve yolun bakışı GPS ile alınmış, ölçüm yapılan noktanın meşcere tipi arazi karnesine kaydedilmiştir. Yol yapım çalışmaları sırasında ölçüm ve gözlemlerin kaydedildiği arazi karnesi Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Orman yolu envanteri işlemleri için oluşturulan arazi karnesi

Ölçüm tarihi							
Nokta Numarası							
UTM Koordinatları							
Başlangıç noktasına olan mesafe (m)							
Yükselti (m)							
GPS hatası (m)							
Bakı							
Meşcere Tipi							
Zemin Tipi							
Yapım aracı							
Arazi Eğimi (P arazi) (%)							
Yarma Yüksekliği (H yarma) (m)							
Şev Genişliği (D yarma) (m)							
Hendek genişliği (D hendek) (m)							
Yol platform genişliği (D Platform) (m)							
Dolgu Eğimi (P dolgu) (%)							
Dolgu şevi uzunluğu (L dolgu) (m)							
Taşların yuvarlanma mesafesi (L yuvarlanma) (m)							
Patlatma var mı?							
DİĞER NOTLAR ve DEĞERLENDİRME							

Zemin Tipi

Kay.Z. : Kayalık zemin

Gev.Z. : Gevşek zemin

Meşcere Tipi

OT-Z

ÇB-S

ORM

Ölçümler 126 Kod nolu 3+081 km'lik orman yolunun başlangıç noktasından son noktasına kadar yaklaşık her 20 m'de bir yapılmıştır. Ölçüm yapılan her noktanın yolun başlangıç noktasına olan mesafesi kaydedilmiştir. Ölçüm yapılan toplam nokta sayısı 148'dir. Ölçülen ve tespit edilen özellikler tabloya işlenirken GPS alıcısında her noktanın koordinat değerleri ayrıca kaydedilmiştir. GPS alıcısında ".dxf" formatında kaydedilen noktaların koordinat bilgileri ArcMap yazılımına aktarılarak ".shp" dosyası haline dönüştürülmüştür. Böylece yol geçkisi CBS veri tabanında yapılandırılmıştır.

Ayrıca oluşturulan modelin kontrolünde kullanılmak üzere her bir arazi sınıfı (OT-Z, CB-S, ORM) için 35'er adet olacak şekilde yolun rastgele noktalarından model uygunluğu denetiminde kullanılacak veriler alınmıştır. Her bir arazi sınıfından rastgele olarak 35'er adet olarak alınan 105 adet kontrol noktasında arazi eğim değeri (%), dolgu şevi uzunluğu (m) ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi (m) ölçülerek kaydedilmiştir.

Uydu görüntüsünün koordinatlandırılması için arazide kontrol noktası olabilecek yol ayırımı, ev, köprü gibi sabit noktalar seçilmiştir. Bu noktalardan gerekli konumsal ve öznitelik verileri GPS yardımıyla alınmıştır.

### 2.3.1.2. CBS Veritabanı Çalışmaları

Coğrafi veri tabanı bir yerin alansal ve mekansal grafik bilgilerini nitelik bilgileri ile birlikte tanımamızı sağlar. Çalışmanın CBS veri tabanı tasarım aşamasında sistemde hangi coğrafi katmanların oluşturulacağı, bunların hangi veri tipinde (nokta, çizgi, poligon) olacağı ve bulunması gereken özniteliklerin neler olması gerektiğine karar verilmiştir.

CBS veri tabanındaki mevcut haritalardan oluşturulan katmanları, çalışma alanına ait koordinatlandırılmış standart topografik haritalar (Trabzon G42-a4, Trabzon G42-a3, Trabzon G42-d2, Trabzon G42-d1), standart topografik haritalardan sayısallaştırılan 10 m'de bir geçirilmiş eşyükselti eğrileri, akarsu katmanları ile Alacadağ Orman İşletme Şefliği Meşcere haritası oluşturmaktadır. Bu verilerden sayısal arazi modeli katmanı, baki katmanı, eğim katmanı oluşturulmuştur.

Amenajman planı, orman yolu şebeke planı ve haritalardan elde edilen veriler sayısal hale dönüştürülerek CBS veritabanına aktarılmıştır. Sayısallaştırma işlemleri mevcut haritaların elle sayısallaştırması ve tablosal öznitelik verilerinin veritabanına kayıt edilmesi şeklinde yapılmıştır. CBS veritabanını oluşturmak, temel analizler ve veritabanı sorgulamalarını yapmak için ArcMap 9.2 yazılımı kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada arazi 5 eğim sınıfına ayrılmıştır. Arazi eğimin % 0-19 olduğu alanlar 1. eğim sınıfı, % 20-44 olduğu alanlar 2. eğim sınıfı, % 45-59 olduğu alanlar 3. eğim sınıfı, % 60-69 olduğu alanlar 4. eğim sınıfı, % 70 ve üstü olan alanlar 5. eğim sınıfındadır (Gümüş, 2003). Bilgisayar ortamında oluşturulan eğim sınıflarında orman yolu inşaatından kaynaklanan her bir eğim sınıfına ait inşaat alanları belirlenmiştir. Her bir eğim sınıfı için orman yolu inşaat alanının yatayda  $10+10 = 20$  m olarak beklenen tahmini inşaat alanları ile Spot görüntüsünden gözlemlenen yine her bir eğim sınıfı için inşaat alanı tespit

edilmiştir. Ayrıca yol geçkisinin geçtiği her bir meşcere türüne göre de tahmini inşaat alanları ve Spot görüntüsünden gözlemlenen inşaat alanı tespit edilmiştir. Arazi çalışmalarında yapılan ölçümlerin değerlendirilmesiyle yol yapım alanında oluşan gerçek inşaat alanı da tespit edilmiştir. Böylelikle yol inşasından beklenen inşaat alanı, Spot görüntüsünden tespit edilen inşaat alanı ve arazi çalışmalarıyla oluşan gerçek inşaat alanı değerleri belirlenmiştir.

Ayrıca veri tabanında 126 Kod nolu orman yolu geçkisi, 2 adet alternatif yol geçkisi, 4 m genişliğindeki 126 Kod nolu yola ait yol platform alanı katmanı, 20 m genişliğinde 126 Kod nolu yolun tahmini inşaat alanı katmanları bulunmaktadır. Spot uydu görüntüsü katmanı, QuickBird uydu görüntüsü katmanı, Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı katmanı, arazi sınıflandırması yapılmış QuickBird görüntüsü katmanları da veri tabanında yer almaktadır. Verilerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ve sorgulanmasıyla kombine veri katmanları ayrıca oluşturulmuştur.

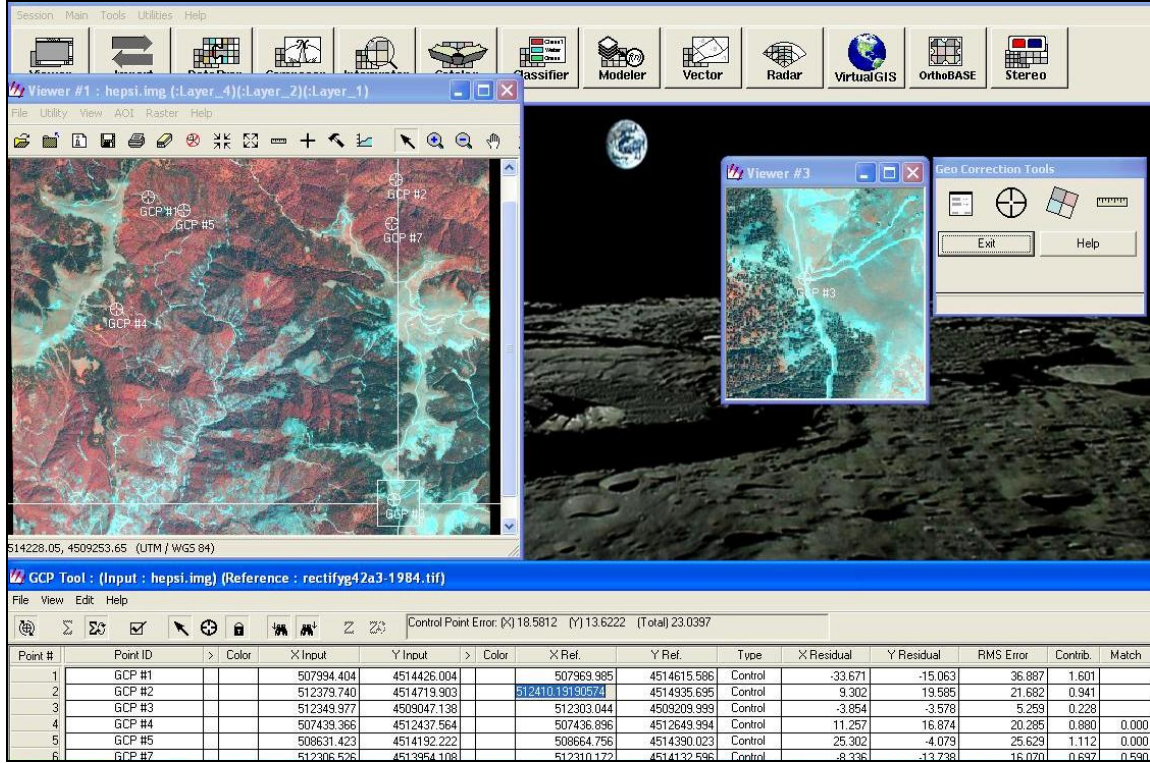
Tüm katmanların veritabanında oluşturulması, değerlendirilmesi ve sorgulanması işlemlerinde ArcMap 9.2 yazılımının ilgili modüllerinden yararlanılmıştır. Veri tabanında bulunması gerekli olan öznitelikler, çalışma amaçları doğrultusunda belirlenmiş ve ArcMap 9.2 yazılımı kullanılarak girilmiştir.

### **2.3.1.3. Uydu Görüntülerini Değerlendirme Çalışmaları**

Çalışma alanına ait yol yapımından önce çekirilmiş 05.08.2005 tarihli 0,61 m çözünürlükteki QuickBird uydu görüntüsü ile yol yapımından sonra çekilmiş 24.05.2007 tarihli 2,5 m çözünürlükteki Spot 5 uydu görüntüsü temin edilmiştir.

Alımı yapılan uydu görüntüleri ERDAS Imagine programı “Import” menüsü kullanılarak image (.img) dosya formatına dönüştürülmüştür. Uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Bu işlemler için ERDAS 9.0 yazılımı kullanılmıştır. “Image” formatına dönüştürülen uydu görüntülerinin koordinatlandırma işlemi için programın “Data Preparation” menüsü kullanılmıştır. Görüntüler için ülkemizde kullanılan haritaların projeksiyonu olan “UTM WGS 84 North” projeksiyonu seçilmiş; Spheroid Name “International 1909”, Datum Name “European 1950”, UTM Zone Gümüşhane İlini kapsayan “37” olarak girilmiştir. Görüntü üzerine referans noktalarını arazide GPS ile alınan sabit noktalar ile standart topografik haritada bulunan değişmez noktalar

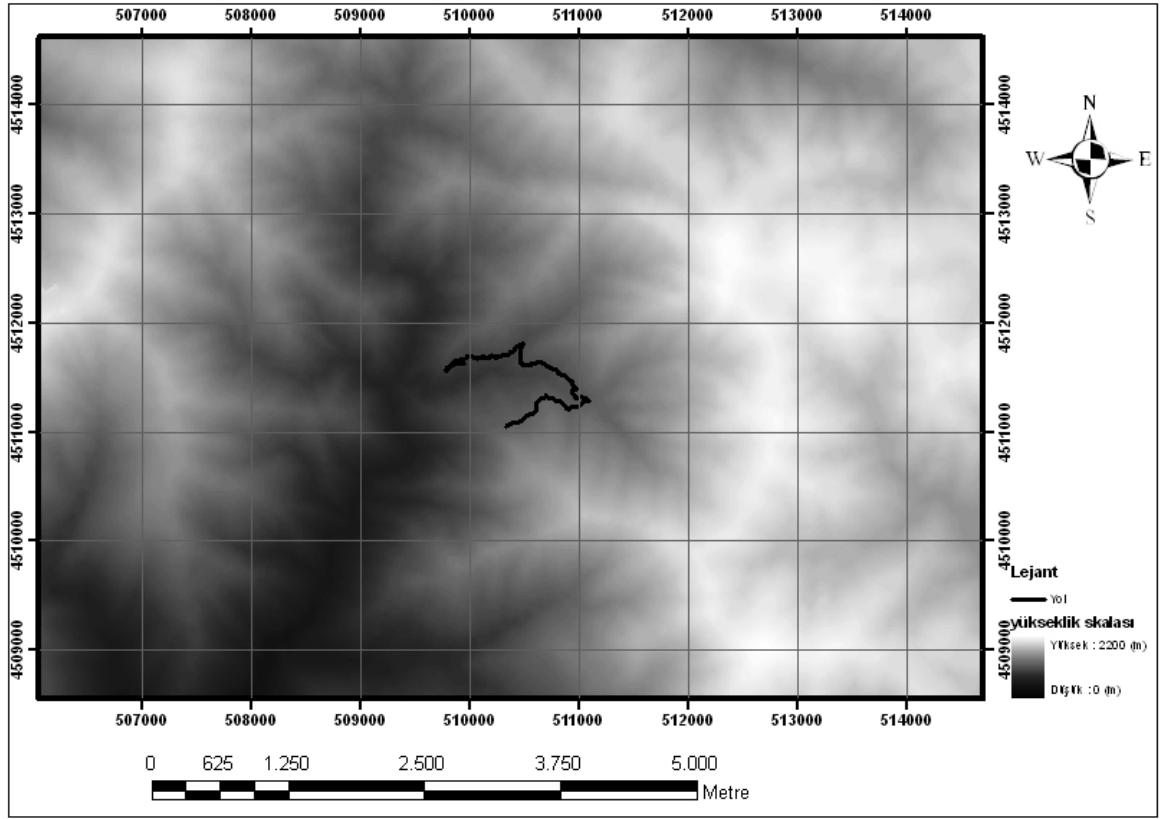
oluşturmaktadır. Referans noktalar kullanılarak yeniden koordinatlandırma işlemi sırasında ortaya çıkan ekranın görüntüsü Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Uydu görüntülerinin koordinatlandırılması sırasında ekran görüntüsü

Yer kontrol noktaları tüm görüntü üzerine homojen dağılacak biçimde ve görüntü sınırları içerisindeki alandan alınmıştır. Yer kontrol noktalarını görüntü üzerinde kolaylıkla tespit edilebilen yol kesişimleri, köprüler, köy-meralarda bulunan ev-yapıların kenarları, dere kesişim noktaları oluşturmaktadır. Ormanlık alanlardaki geometrik düzeltme işlemi için bulunabilir yer kontrol noktasının azlığı nedeniyle standart topografik haritalardan da referans noktalar alınmıştır. Yer kontrol noktalarında RMS hatası 8,64 çıkmıştır.

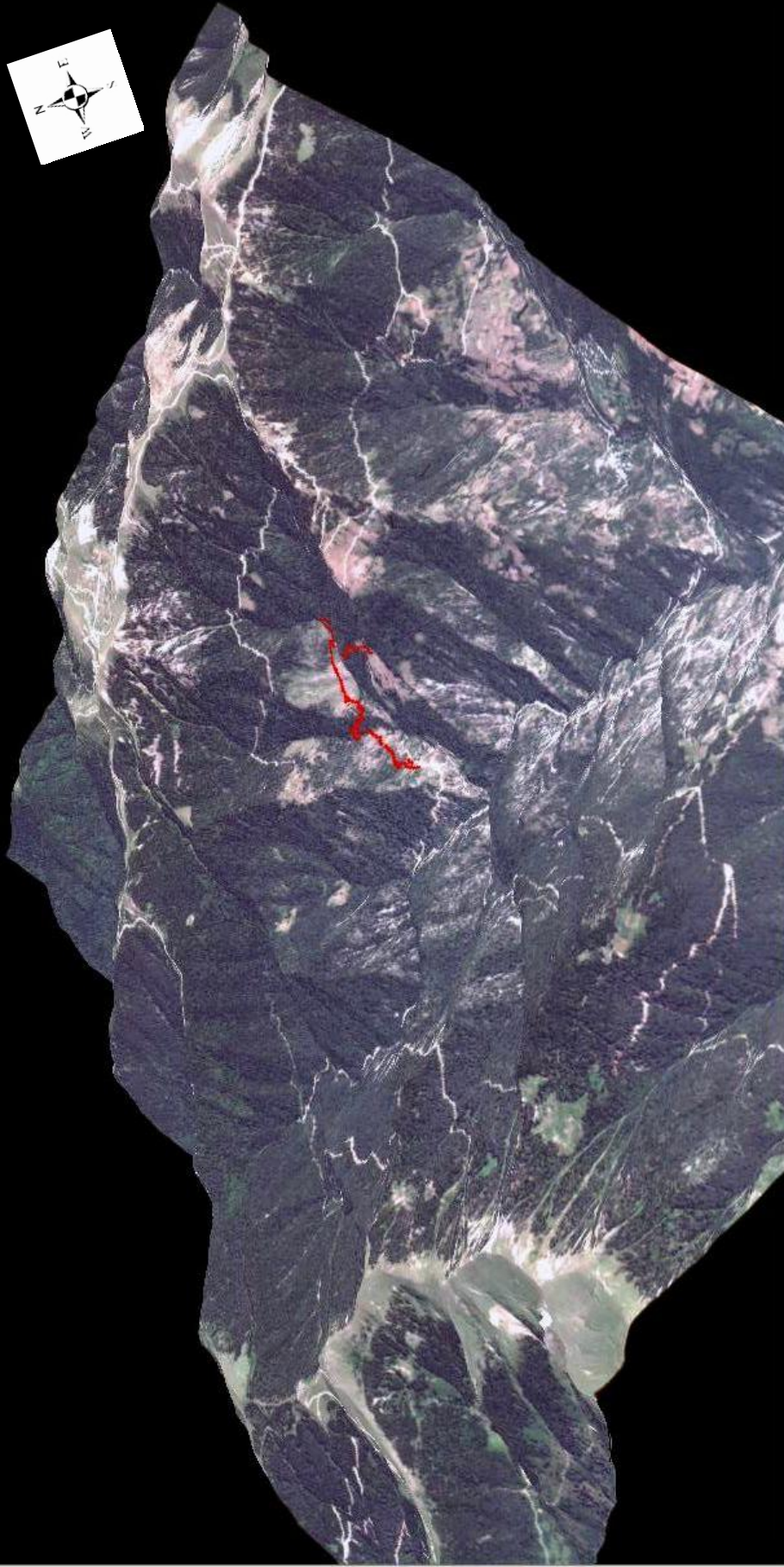
Çalışma alanı sınırlarını içeren standart topografik haritalar Trabzon G42-a4, Trabzon G42-a3, Trabzon G42-d2, Trabzon G42-d1 paftalarıdır. Paftalar ArcMap programında koordinatlandırılmış, çalışma alanına ait alandaki 10 m aralıklı eşyüksekti eğrileri koordinatlandırılan standart topografik haritalar üzerinden sayısallaştırılmış ve yükseklik değerleri girilmiştir. ArcMap 9.2 yazılımının 3D Analyst menüsü kullanılarak arazinin sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. Çalışma alanının sayısal arazi modeli

Oluşturulan sayısal arazi modeli ERDAS yazılımı VirtualGIS menüsü kullanılarak açılmış üzerine QuickBird uydu görüntüsü giydirilerek alanın gerçeğe çok yakın 3 boyutlu görünümü elde edilmiştir. Görünüm üzerine yol geçkisi yerleştirilmiştir (Şekil 12,13).





Şekil 12. SAM üzerinde QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi



Şekil 13. SAM üzerinde QuickBird görüntüsü ve yol geçkisinin yakından görüntüsü

Görüntü sınıflandırılma ve analizi, benzer özellikteki pikselleri dijital olarak tanımlamak ve bunları gruplar halinde saklamak olarak bilinmektedir. Elle coğrafik özelliklerin sınıflandırılmasında, görsel yorumlama ile benzer nitelikteki pikseller birleştirilirken, dijital olarak görüntülerin sınıflandırılmasında ise bir veya birden çok spektral banttaki dijital numaralar referans alınarak gerçekleştirilir. Böylece dijital olarak elde edilen görüntünün sınıflandırılmasıyla aynı vasıftaki coğrafik detayları gösteren tematik harita elde edilir. Dijital sınıflandırma çeşitli yollarla gerçekleştirilebilir. Bunlardan en çok kullanılanlar kontrollü (supervised) ve kontrolsüz (unsupervised) sınıflandırmadır. Kontrollü sınıflandırmada, görüntü yorumlayıcısı tecrübesine dayalı olarak öncelikle görüntü üzerinde farklı özellik gösteren alanları ayırt eder. Daha sonra bu alanlara isabet eden piksel özellikleri diğer bölgeler ile karşılaştırılarak görüntünün tamamındaki pikseller gruplaşır. Kontrollü sınıflandırma tayfsal sinyalleri tanımlamak için pixel setlerinin toplanması, doğruluklarının değerlendirilmesi ve görüntü sınıflarının ithali aşamalarından



oluşmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırmada ise, kontrollü sınıflandırmanın tersi yönde, piksellerin değerlerine dayalı olarak spektral sınıflar öncelikle oluşur. Daha sonra kümeleme algaritmalarıyla verilerin istatistiksel gruplaşması sağlanır (Yomralıoğlu, 2002).

126 Kod nolu orman yolu yapımından önce alınan koordinatlandırılmış QuickBird uydu görüntüsü kontrollü (supervised) sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden “maksimum olasılık” yöntemi kullanılmıştır. Maksimum olasılık yöntemi belirli bir sınıfa ait olan piksellerin olasılıklarına dayanır. Bu olasılıklar tüm sınıflar için eşittir ve girdi bantları normal dağılıma sahiptir. Böylelikle çalışma alanının arazi sınıfları uydu görüntüsü üzerinde belirlenmiştir. Sınıflandırma işleminde arazi sınıfları dört ayrı arazi tipi olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflar; üzerinde orman örtüsü bulunmayıp orman toprağı özelliği gösteren alanlar (OT), üzerinde tarım yapılan ziraat alanlarının bulunduğu alanlar (Z), çok bozuk ve 1 kapalılığa sahip seyrek orman örtüsünün bulunduğu alanlar (CB-S), 2 ve üstü oranında kapalılığa sahip yoğun orman örtüsünün bulunduğu alanlar (ORM) olarak belirlenmiştir. Meşcereler kapalılık yönünden 4 gruba ayrılmaktadır. Ayrılan grupların ifadesi için kullanılan sembol ve her kapalılık sınıfının sınırları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Meşcere kapalılık sınıfları ve kapalılık sınıfı oranları (Alacadağ Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, 2005).

<b>Kapalılık Sınıfı</b>	<b>Sembolü</b>	<b>Kapalılık Sınıfı Sınırları</b>
Boşluklu Kapalı (ÇB)	0	% 0-10
Gevşek Kapalı (B)	1	% 11-40
Orta Kapalı	2	% 41-70
Kapalı ve Tam Kapalı	3	% 71-100
Sıkışık ve Girift Kapalı	4	% 100’den fazla

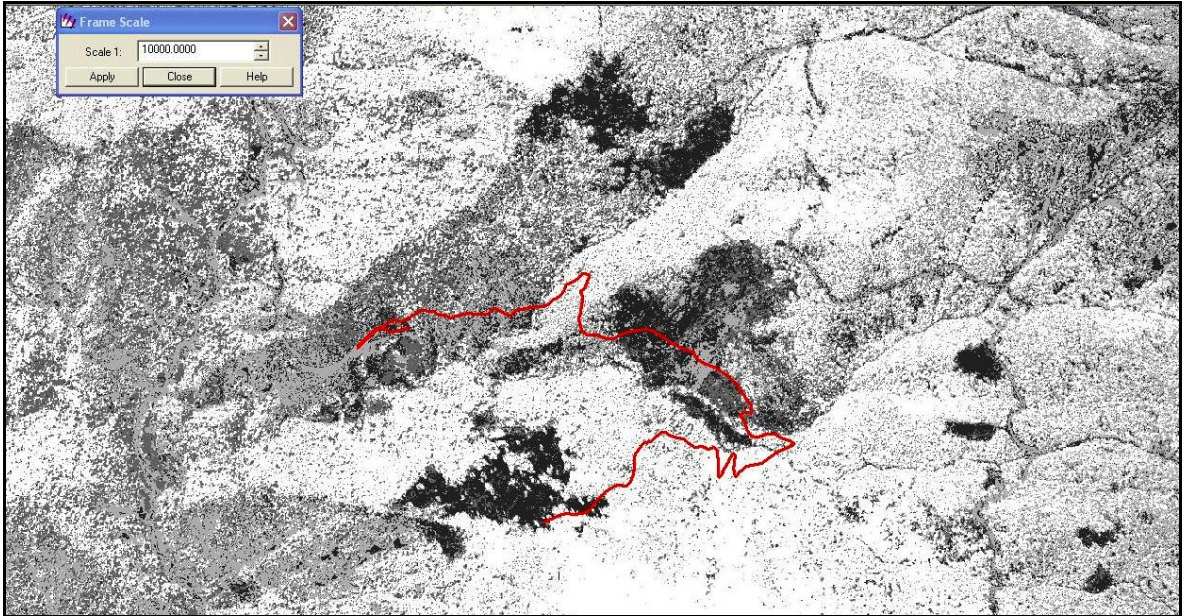
ÇB : Çok bozuk

B : Bozuk

Belirlenen arazi sınıflarına göre uydu görüntüsünü kontrollü sınıflandırmak için ERDAS yazılımının “Classifier” menüsü kullanılmıştır. Menü içerisinde bulunan “Signature Editor” kullanılarak tayfsal sinyaller toplanmış, depolanmış ve değerlendirilmiştir. “Signature Editor” penceresindeki tabloya veri girişi “AOI Tools”

menüsü kullanılarak yapılmıştır. “AOI Tools” menüsünde bulunan poligon seçme işlevi kullanılarak görüntü üzerinde belirlenen arazi sınıflarını temsil edebilecek örnek alanlar seçilmiştir. Bu alanlara ait tayfsal sinyaller “Signature Editor” penceresindeki tabloya aktarılmıştır. Her arazi sınıfından 20’şer adet olmak üzere toplam 80 adet arazi sınıfı örnek alan olarak seçilmiştir. Alınan örnek alanlar “AIO Layer” formatında kaydedilmiştir.

ERDAS yazılımının “Classifier” menüsü altında bulunan “Supervised classification” işlevi kullanılarak image dosyası ve “Signature Editor” tablosu birleştirilerek sınıflandırılmış görüntü oluşturulmuştur. ERDAS yazılımının “Interpreter” menüsü altında bulunan “GIS Analysis” işlevindeki “Recode” uygulaması kullanılarak görüntünün kodlandırılması yapılmıştır. OT alanlarına “1”, Z alanlarına “2”, CB-S alanlarına “3”, ORM alanlarına “4” kodu verilmiştir. Daha sonra sırasıyla “Interpreter” menüsü altında bulunan “GIS Analysis” işlevindeki “Clump” uygulaması ile kümeleme, “Eliminate” uygulaması ile eleme yapılmıştır. Eleme uygulamasında, kümeleme yapılmış olan dosyadaki kümelerin minimum değeri 3 piksel olarak alınmıştır. İşlemler sonucunda arazi sınıflandırılması yapılmış ve arazi sınıfına göre kodlanmış raster formatında uydu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Arazi sınıflandırması yapılmış raster formatında QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi

Arazi sınıflandırması yapılmış görüntü üzerinde doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi için ERDAS yazılımının “Classifier” menüsündeki “Accuracy Assessment” işlevi kullanılmıştır. Sınıflandırması yapılmış görüntü üzerine her sınıf için 30’ar adet olmak üzere rastgele (randomly) 120 nokta atılmıştır. Atılan tüm noktaların arazi sınıf kodları ile gerçek durum kodları karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ayrıntılı sınıflandırma doğruluk oranı % 83,33 olarak bulunmuştur. Tablo 7’de sınıflandırma sonucunda oluşan hata matris değerleri, Tablo 8’de sınıflandırma sonucunda oluşan üretici ve kullanıcı doğruluk oranları verilmiştir.

Tablo 7. Sınıflandırma sonucunda oluşan hata matrisleri

Sınıflandırılmış Arazi Tipleri	Arazi Tipleri				
	OT	Z	CB-S	ORM	TOPLAM
OT	28	0	2	0	30
Z	6	14	8	2	30
CB-S	2	0	28	0	30
ORM	0	0	0	30	30
<b>TOPLAM</b>	<b>36</b>	<b>14</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>120</b>

OT : Orman Toprağı

Z : Ziraat alanı

CB-S: Çok bozuk-1 kapalılıkta ormanlık alan

ORM: 2 ve üstü derecede kapalılıktaki ormanlık alan

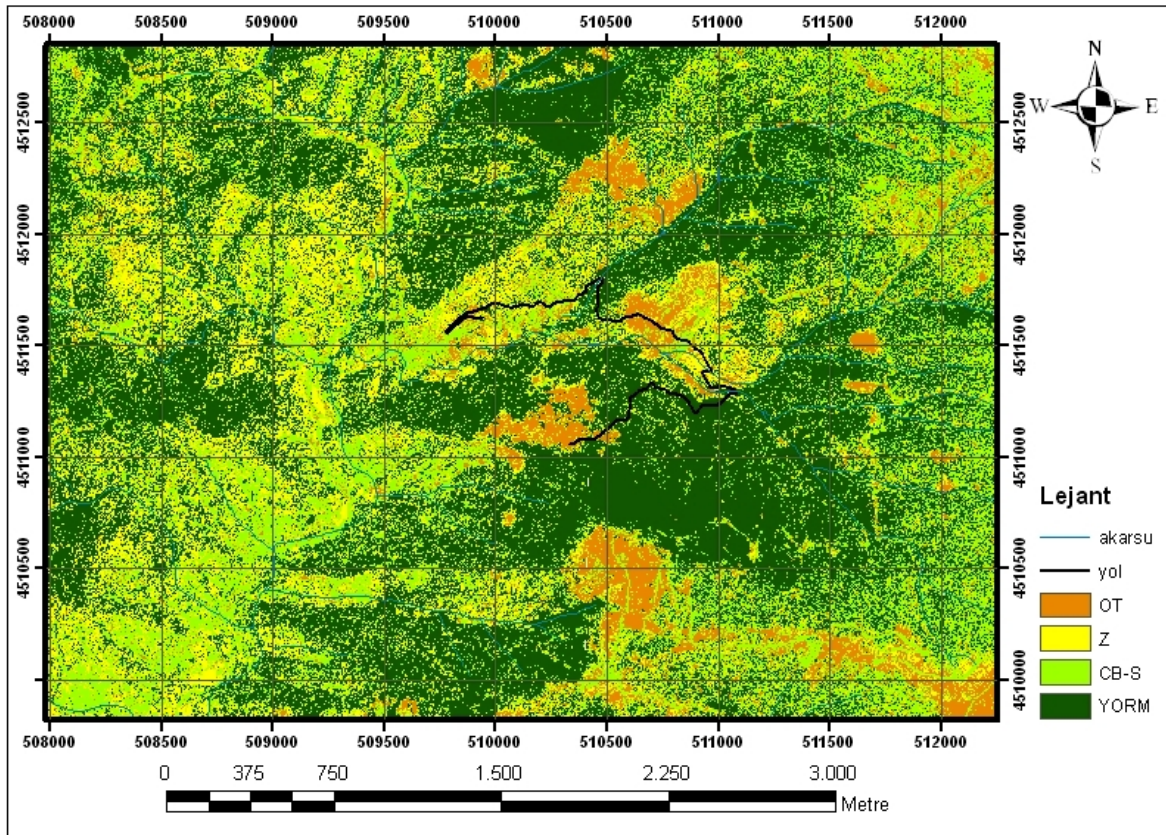
Tablo 8. Sınıflandırma sonucunda oluşan üretici ve kullanıcı doğruluk oranları

Arazi Tipi	Üretici Doğrulukları		Arazi Tipi	Kullanıcı Doğrulukları	
OT	28 / 36	% 77,78	OT	28 / 30	% 93,33
Z	14 / 14	% 100,00	Z	14 / 30	% 46,77
CB-S	28 / 38	% 73,68	CB-S	28 / 30	% 93,33
ORM	30 / 32	% 93,75	ORM	30 / 30	% 100,00

Ayrıntılı sınıflandırma doğruluk oranı (Overall classification accuracy)

$$(28 + 14 + 28 + 30) / 120 = \% 83,33$$

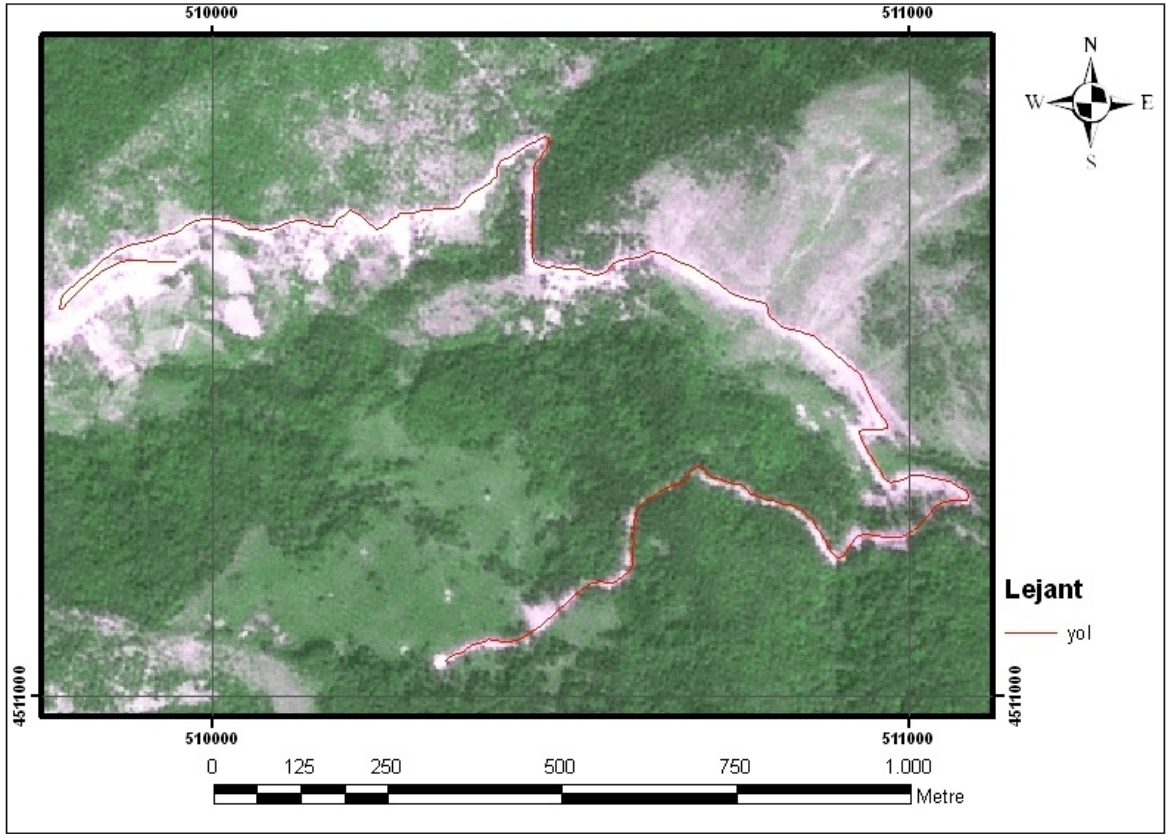
ERDAS yazılımının “Vector” menüsünden “Raster to Vector” işlevi kullanılarak arazi sınıflaması yapılmış raster formatındaki QuickBird görüntüsü vektör formatına dönüştürülmüştür. Böylece raster formatındaki arazi sınıflandırması yapılmış uydu görüntüsünün ArcMap 9.2 yazılımında yapılandırılan CBS veri tabanına uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Arazi sınıflarına ayrılmış QuickBird görüntüsü ArcMap 9.2 yazılımı ArcToolbox modülündeki “Conversion Tools”, menüsü kullanılarak arazi sınıflarının poligon alanlar şeklinde tanımlanması sağlanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Arazi sınıflandırması yapılmış QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi

126 Kod nolu orman yolu yapıldıktan sonra alınan spot görüntüsü üzerinden inşaat alanı sınırları tespit edilmiştir. Spot görüntüsü üzerinde yol geçkisi Şekil 16’da verilmiştir.





Şekil 16. Spot görüntüsü üzerinde yol geçkisi

### 2.3.2. Orman Yolu İnşaatında İnşaat Alanı ve Dolgu Materyali Yuvarlanma Alanının Belirlenmesi Yöntemi

Alana ait uydu görüntülerinin ve haritaların CBS veritabanında değerlendirilmesinden sonra arazi örtüsünün niteliklerine ve arazi özelliklerine göre yol geçkisinin dolgu mesafesi ile yuvarlanan materyalin etki mesafesi belirlenmiştir.

Bu mesafelerin belirlenmesi için öncelikle 126 Kod nolu orman yolu geçkisinin geçeceği arazinin etüdü yapılmıştır. Alana ait eğim sınıfı haritası oluşturulmuştur. Araziden alınan verilerle alanda yol inşaatı sonucunda oluşan inşaat alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanları tespit edilmiştir. Yol yapımından sonra alınmış olan Spot uydu görüntüsünden tespit edilen inşaat alanı ile araziden elde edilen verilerle hesaplanan inşaat alanının karşılaştırılması yapılmıştır.

Raster formatında arazi sınıflandırması yapılan QuickBird görüntüsü ile yol geçkisi ArcMap 9.2 yazılımı “ArcToolbox” modülünde “Analysis Tools” menüsündeki “Overlay” işlevindeki “Intersect” komutu ile kesiştirilmiştir. Böylece yol geçkisinin geçtiği alana ait arazi sınıfı değerleri görüntü üzerinden belirlenmiştir.

Araziden yersel yöntemlerle alınan verilerin birbirleriyle olan ilişkileri SPSS 13.0 yazılımıyla sorgulanmıştır. Her bir arazi sınıfı için dolgu yatay mesafesini ve dolgu materyalinin yuvarlanma yatay mesafesini tahmin etmeye yardımcı olacak regresyon denklemlerinin belirlenmesi için Regresyon Analizi yapılmıştır. Regresyon Analizi sonucunda başarılı olan regresyon denklemlerinin başarı durumunu tespit etmek için araziden her bir arazi sınıfından 35'er adet olacak şekilde arazi eğim değeri, dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi kontrol verileri alınmıştır. Alınan verilerle, her bir arazi sınıfı için oluşturulan regresyon denklemleriyle hesaplanan dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi “eşlendirilmiş örnekler t testi” yöntemiyle karşılaştırılarak modellerin başarı durumu tespit edilmiştir.

QuickBird görüntüsünden arazi sınıflandırılması yapılmış yol geçkisinin veri tabanı üzerinde ilgili arazi sınıfına ait regresyon denklemi kullanılarak yapılacak yolun dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi belirlenmiştir. Bu mesafelerin her bir arazi sınıfı için uzunluklarıyla çarpımıyla dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanı tespit edilmiştir. Bu hesaplamalar arazi sınıflandırılması yapılmış yol geçkisinin veri tablosu üzerinde QuickBird görüntüsünden gerçekleştirilmiştir.

Tespit edilen dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi ayrı ayrı ArcMap 9.2 yazılımının, “ArcToolbox” modülünde, “Analysis Tools” menüsündeki, “Proximity” işlevindeki “Buffer” komutu ile tampon alan olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini gösteren alanlar hesaplanıp değerlendirilmiştir.

Araziden elde edilen verilerle, Spot uydusu görüntüsü üzerinde tespit edilen alanın hesaplanmasıyla ve oluşturulan regresyon denklemlerinin kullanılmasıyla elde edilen dolgu alanı verileri karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

### **2.3.3. Arazide İnşa Edilmiş Olan Yola Alternatif Yol Geçkilerinin Oluşturulması ve Değerlendirilmesi Yöntemi**

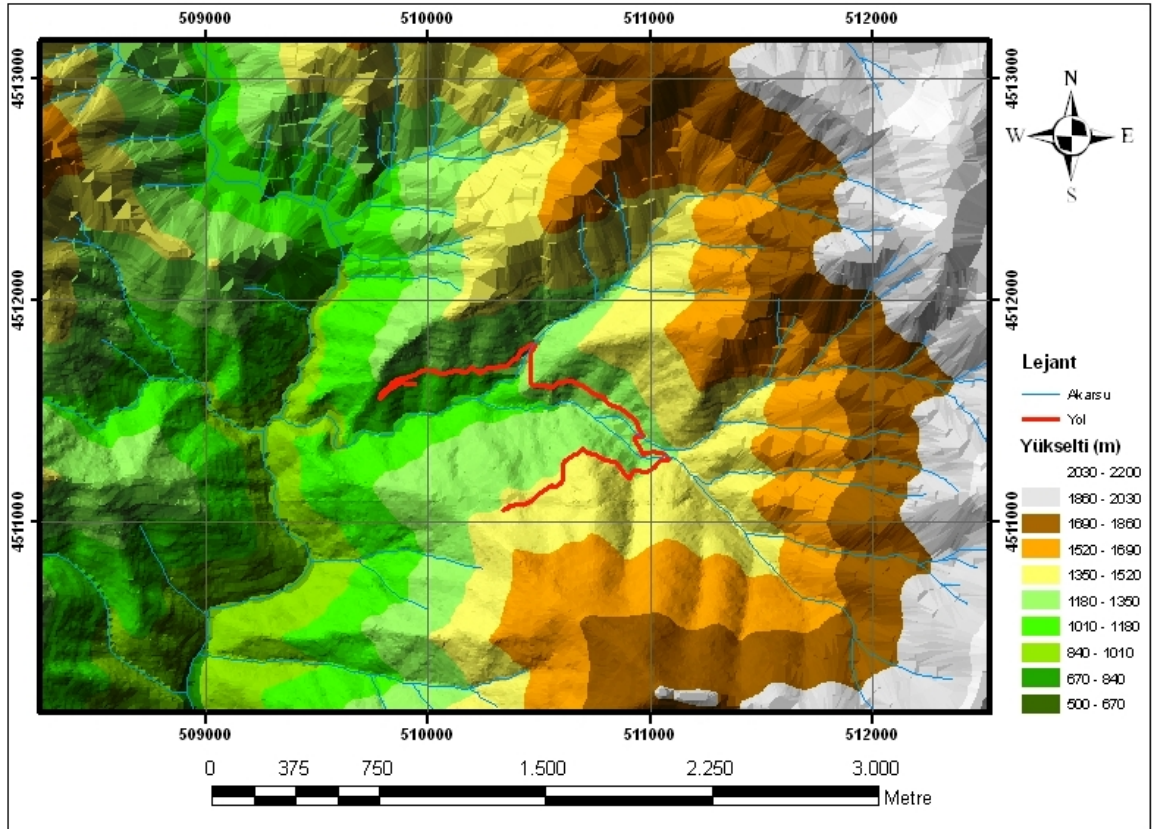
126 Kod nolu orman yoluna alternatif olarak aynı fonksiyonu yerine getirecek iki alternatif geçki daha ArcMap 9.2 yazılımında sayısal ortamda geçirilmiştir. İki alternatif geçkinin başlangıç ve son noktaları yaklaşık olarak 126 Kod nolu alandaki mevcut yol ile aynıdır.

Geçirilen alternatif yolların geçkileri arazi sınıflandırması yapılmış ve QuickBird görüntüsü ile karşılaştırılmıştır. Alternatif yolların geçkilerinin arazi sınıflandırması yapılmış uydu görüntüsü ile karşılaştırılması işlemlerinde 126 Kod nolu orman yolunun görüntü ile karşılaştırılmasında yapılan işlemler tekrarlanmıştır. Her bir arazi sınıfı için oluşturulan regresyon denklemleri kullanılarak geçirilen iki alternatif geçkiye ait dolgu alanları ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanları hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar tartışılmış, tahribat açısından her üç geçki birbirleriyle kıyaslanıp tartışılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Araştırma Alanına Ait Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı olarak seçilen Gümüşhane İli, Kürtün İlçesi, Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 126 Kod nolu orman yolunun uzunluğu 3+081 km olup orman yolu inşaat alanının denizden ortalama yüksekliği 1 248 m olarak tespit edilmiştir. Yolun yapıldığı alan genel olarak dik bir arazi yapısına sahiptir. Yamaçlar sık sık dere ve kuru dereler ile kesilmiştir. 126 Kod nolu yolun alan üzerindeki konumu ve alanın gerçeğe yakın gösterimi olan sayısal arazi modeli Şekil 17’de gösterilmiştir.

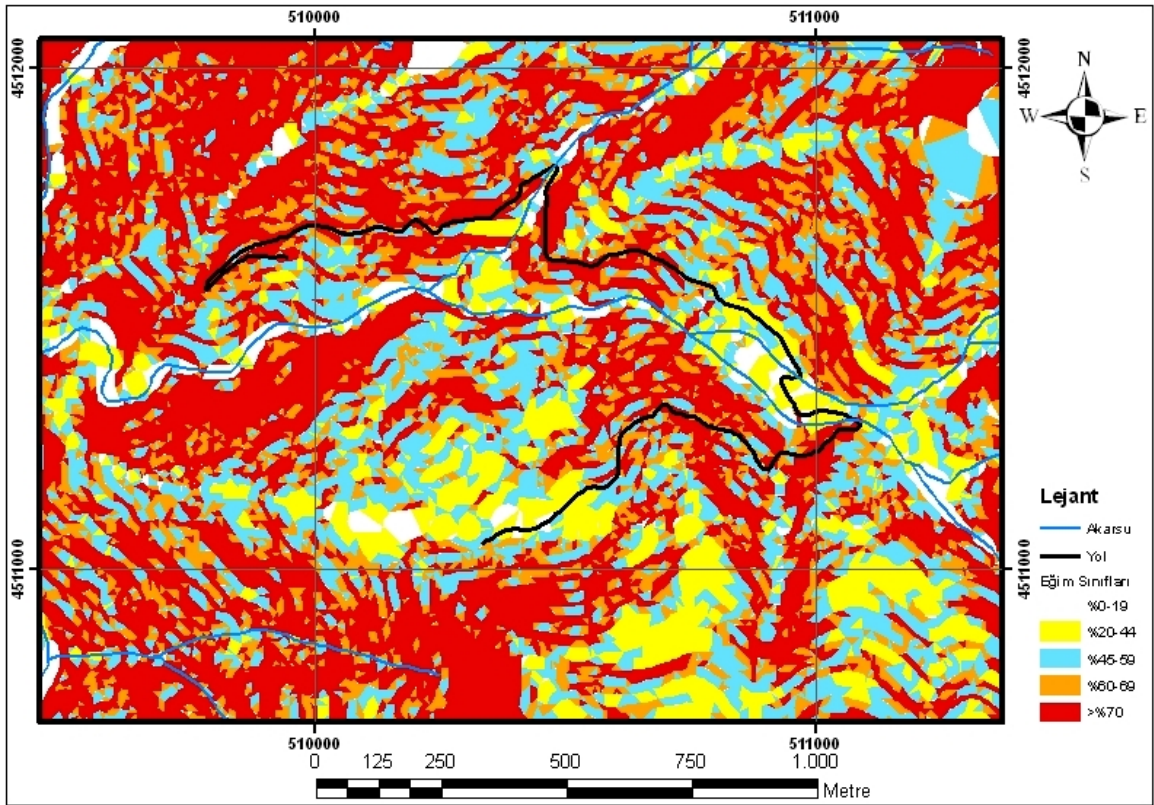


Şekil 17. 126 kod nolu yolun konumu ve alanın sayısal arazi modeli

Orman yolu geçkisinin planlanmasında arazi eğimi, yol geçkisinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden birini oluşturmaktadır. Planlanacak yolun oluşturacağı kazı ve



dolgu alanı ile hacimleri doğrudan yol maliyetini etkilemektedir. Bu nedenle planlanan yolların mümkün olduğunca düşük eğimli yamaç alanlardan geçmesi tercih edilir. Araştırma alanına ait eğim değerleri sayısal arazi modelinden üretilmiştir. Eğim sınıflamasında eğim değerleri % 0-19 arası birinci eğim grubu, % 20-44 arası ikinci eğim grubu, % 45-59 arası üçüncü eğim grubu, % 60-69 arası dördüncü eğim grubu, % 70 ve üzeri eğimler beşinci eğim grubu olarak değerlendirilmiştir (Gümüş, 2003). Araştırma alanına ait eğim haritası Şekil 18’de gösterilmiştir.

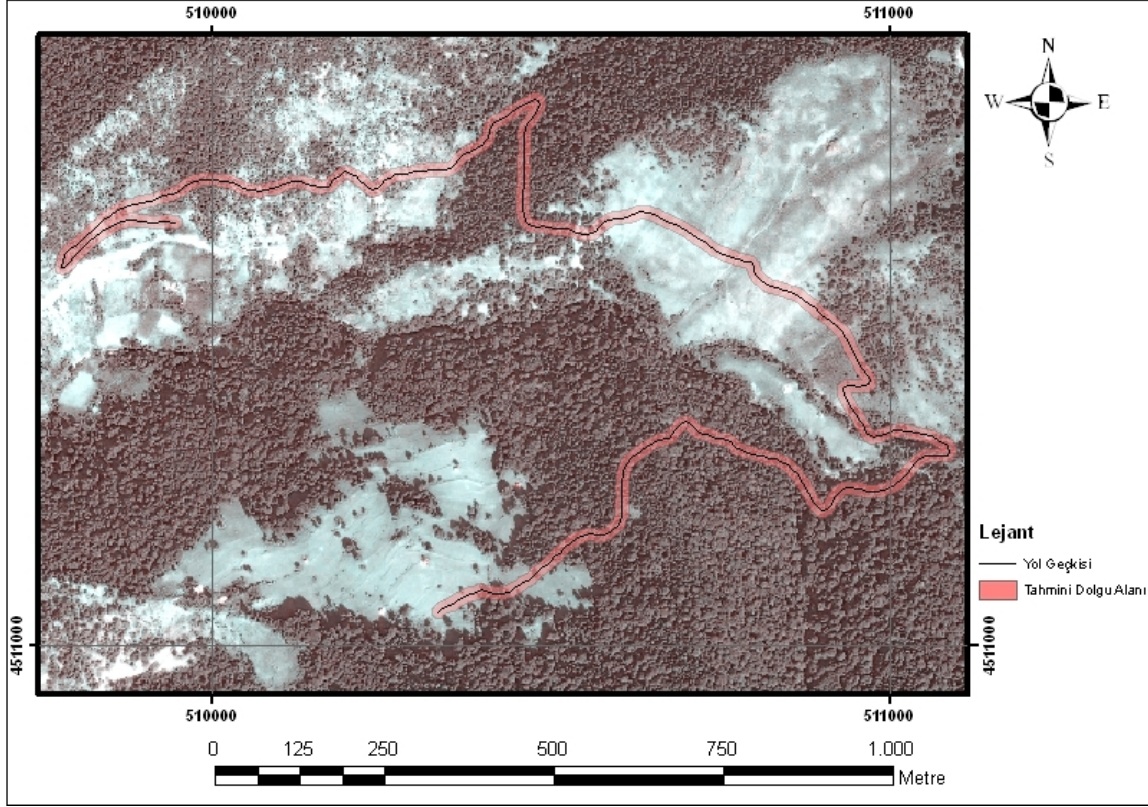


Şekil 18. 126 Kod nolu yol ve çalışma alanının eğim haritası

Araştırma alanına ait eğim sınıfları haritasına göre 3+081 km’lik 126 Kod nolu orman yolunun 116 m’si (yolun % 3,8) 1. eğim sınıfından, 538 m’si (yolun % 17,5) 2. eğim sınıfından, 479 m’si (yolun % 15,5) 3. eğim sınıfından, 653 m’si (yolun % 21,2) 4. eğim sınıfından, 1295 m’si (yolun % 42) de 5. eğim sınıfındaki araziden geçmektedir.

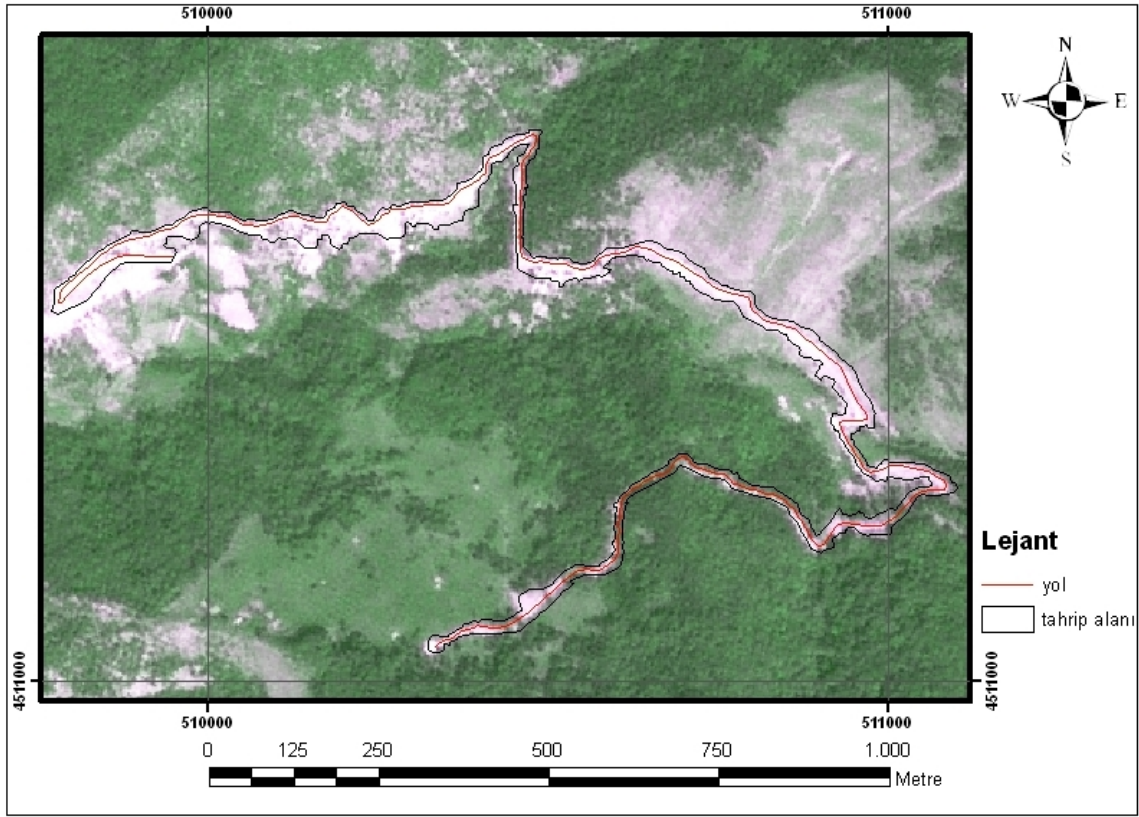
Bir orman yolu planı hazırlanırken yolun inşaat alanı, yol geçişine dik olarak 10 m kazı, 10 m yamaç tarafındaki toplam 20 m’lik alan olarak kabul edilir. Bu tampon bölge

dikkate alınarak hesaplanan alan, yol inşaatı öncesindeki “tahmini inşaat alanı”nı oluşturmaktadır. Çalışılan yol için tahmini inşaat alanı Şekil 19’da gösterilmiştir.



Şekil 19. QuickBird görüntüsü üzerinde yolun tahmini inşaat alanı

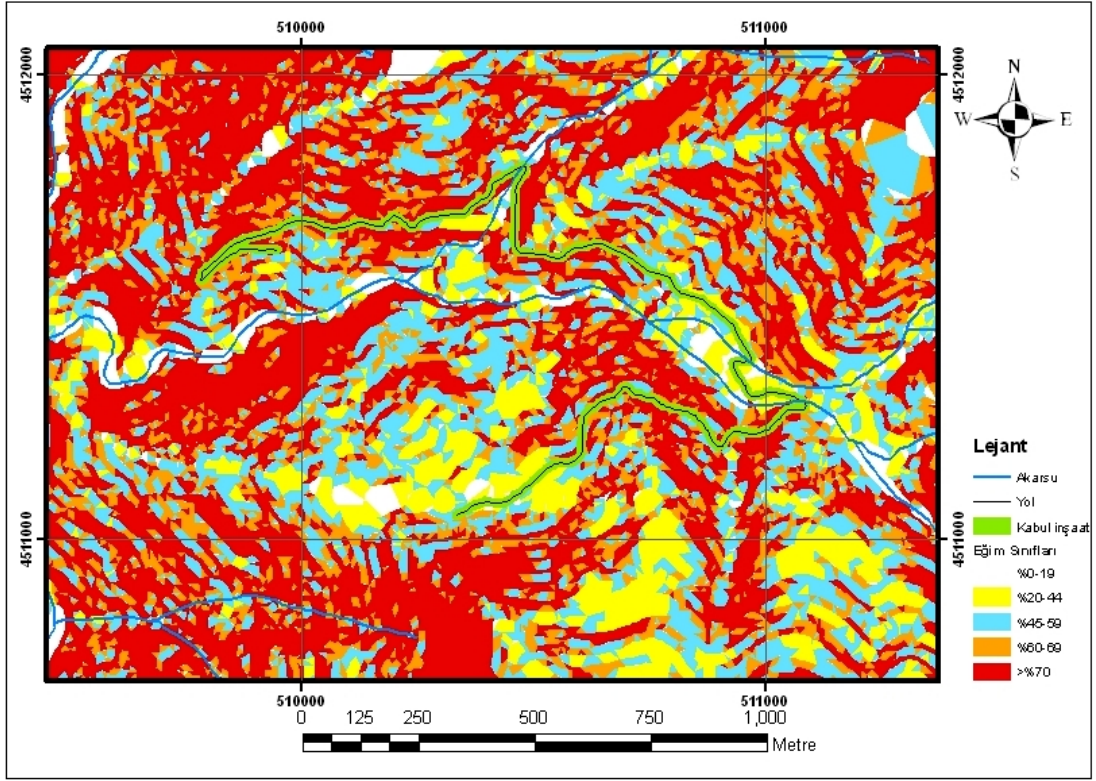
Yol inşaatı tamamlandıktan sonra araziye ait olan Spot uydu görüntüsü üzerinden yolun tahrip ettiği alanın sınırları belirlenip sayısallaştırılmış ve Şekil 20’deki görüntü elde edilmiştir. Spot görüntüsü üzerinden yolun tahrip ettiği alanı sayısallaştırırken tahribat sınırlarının en net seçilebildiği 1,2,3 bant kombinasyonu seçilmiştir.



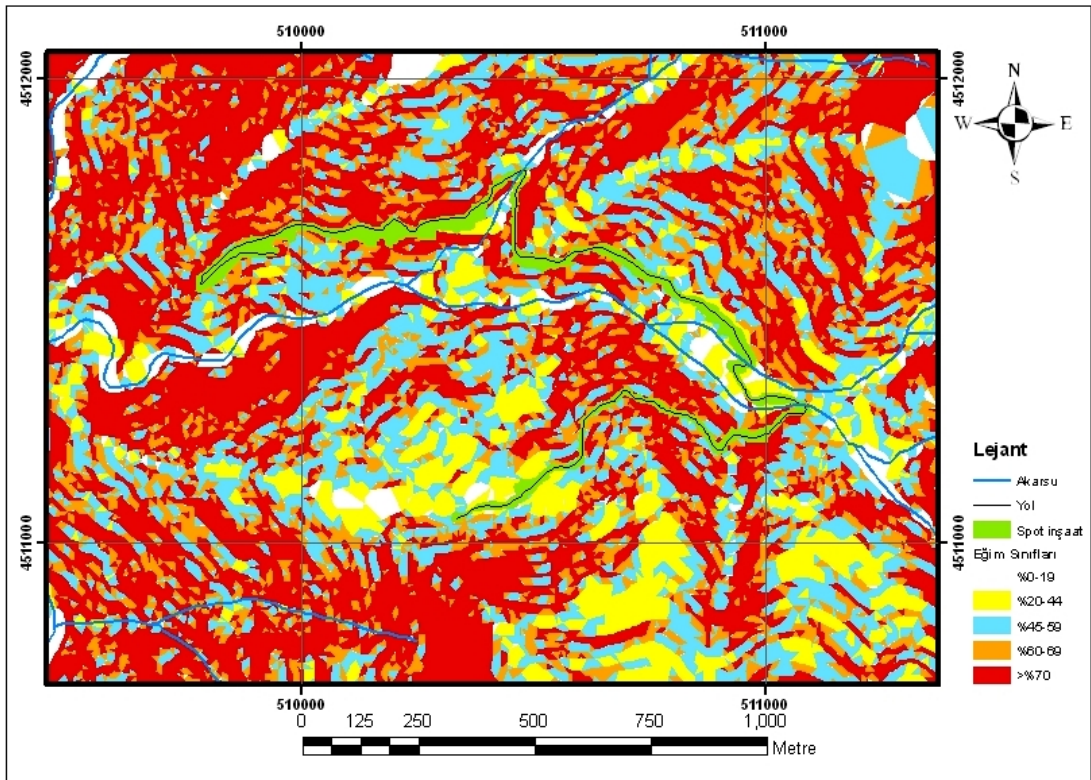
Şekil 20. Spot görüntüsü üzerinde yol geçkisi ve inşaat alanı

Araştırma alanına ait eğim haritası ve yol geçkisi çakıştırılarak yol geçkisinin geçeceği arazinin eğim sınıfı belirlenmiştir. Kabul edilen inşaat alanı hesaplanırken yol geçkisine  $10+10=20$  m'lik tampon atılmıştır (Şekil 21). Atılan tampon alan ile eğim sınıfı çakıştırılarak eğim sınıflarına göre "kabul edilen inşaat alanı" belirlenmiştir. Spot görüntüsü üzerinden belirlenen inşaat alanı ile arazinin eğim sınıfı haritası çakıştırılmış, böylelikle "Spot görüntüsüne göre inşaat alanı" eğim sınıflarına göre belirlenmiştir (Şekil 22).





Şekil 21. 20 m olarak kabul edilen inşaat alanı ve alanın eğim haritası



Şekil 22. Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı ve alanın eğim haritası

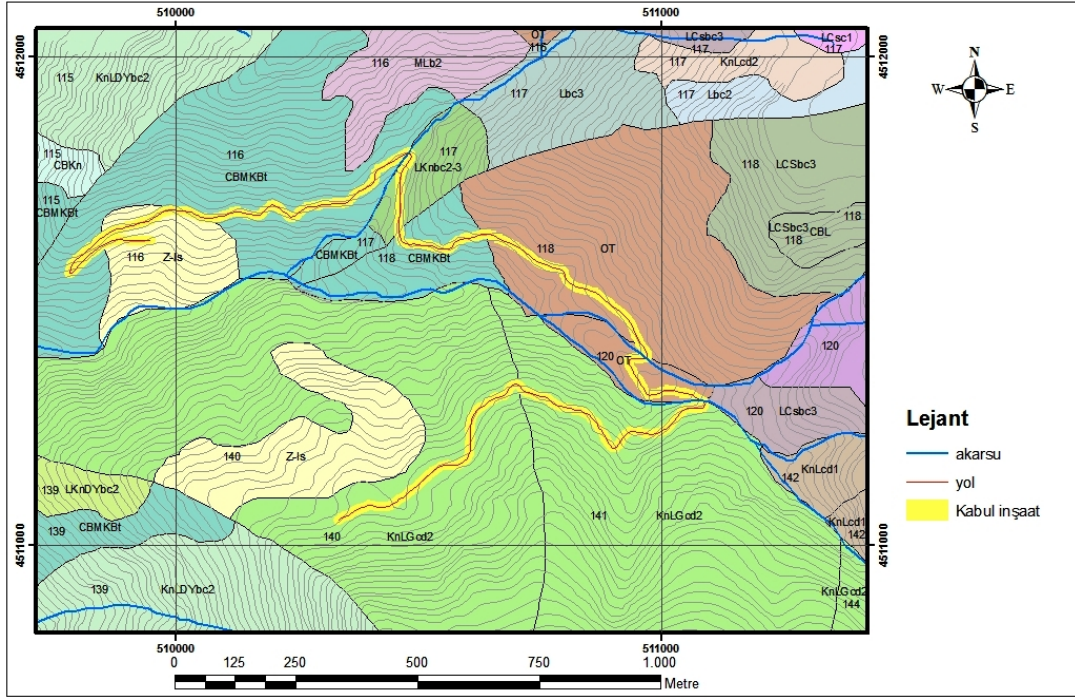
3+081 km orman yolunun arazinin eğim sınıflarına göre “Tahmini inşaat alanı” ve Spot görüntüsünden elde edilen “inşaat alanı” verileri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Eğim sınıflarına göre tahmini inşaat alanı ve Spot görüntüsüne göre inşaat alanının döküm tablosu

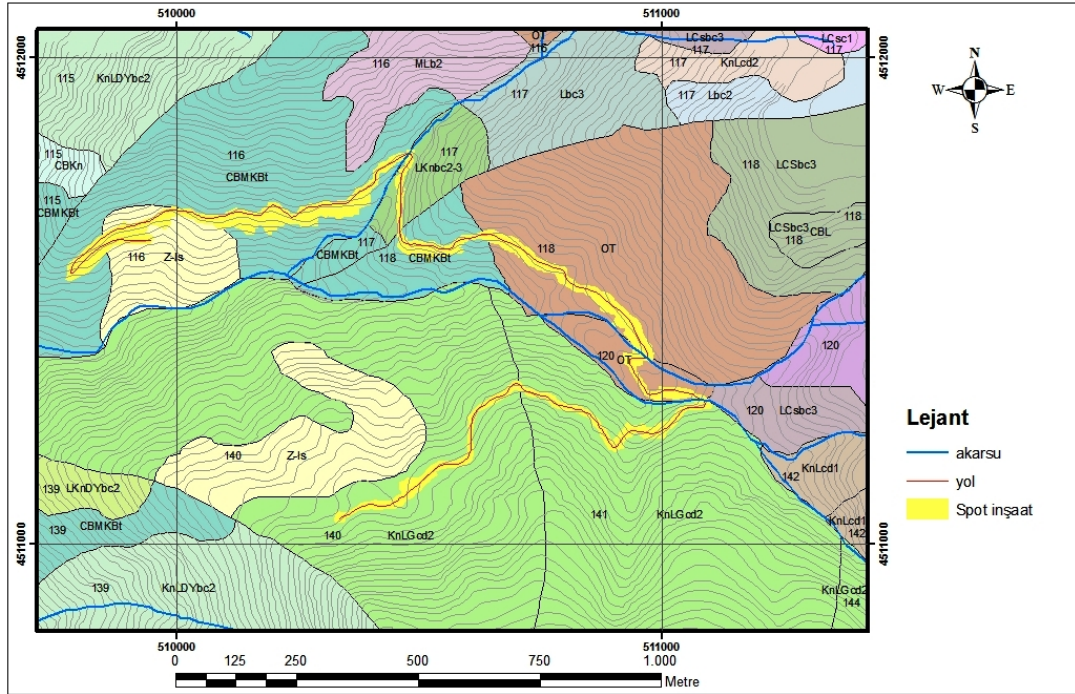
<b>Eğim Sınıfları</b>	<b>Kabul Edilen İnşaat Alanı (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Spot Görüntüsüne Göre İnşaat Alanı (m<sup>2</sup>)</b>
1.Eğim sınıfı (% 0-19)	2 693,5	2 988,8
2.Eğim sınıfı (% 20-44)	10 572,4	13 247,1
3.Eğim sınıfı (% 45-59)	10 217,3	11 621,0
4.Eğim sınıfı (% 60-69)	12 036,5	12 439,8
5.Eğim sınıfı (% 70 <)	25 374,8	27 466,5
<b>TOPLAM</b>	<b>60 894,5</b>	<b>67 763,2</b>

Tablo 9’a göre yolun inşaat alanı 20 m olarak kabul edildiğinde 60 894,5 m<sup>2</sup> alanın inşaat alanı olması beklenmektedir. Spot uydu görüntüsüne göre ise inşaat alanının 67 763,2 m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Buna göre Spot görüntüsünden hesaplanan 126 Kod nolu yolun inşaat alanının, tahmini inşaat alanından % 11,28 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

126 Kod nolu yolun tahmini inşaat alanı ve Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı meşcere haritası ile karşılaştırılmıştır. 20 m olarak kabul edilen inşaat alanı ve alanın meşcere haritası Şekil 23’de; Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı ve alanın meşcere haritası Şekil 24’de gösterilmiştir.



Şekil 23. 20 m olarak kabul edilen inşaat alanı ve alanın meşçere haritası



Şekil 24. Spot görüntüsünden elde edilen inşaat alanı ve alanın meşçere haritası



Uzunluğu 3+081 km olan yolun meşcere haritasına göre geçtiği meşcere türleri, her meşcere türüne göre tahmini inşaat alanı ve Spot görüntüsüne göre inşaat alanı dökümü Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Meşcere türlerine göre tahmini inşaat alanı ile Spot görüntüsüne göre belirlenen inşaat alanının döküm tablosu

Meşcere Türleri	Kabul Edilen İnşaat Alanı (m <sup>2</sup> )	Spot Görüntüsüne Göre İnşaat Alanı (m <sup>2</sup> )
ÇBMKBt	17 693,7	23 995,7
KnLGcd2	20 219,3	18 011,3
LÇsbc3	32,6	24,8
LKnbc2-3	3 357,7	2 327,6
OT	13 645,1	16 570,6
Z-Is	5 946,1	6 833,2
<b>TOPLAM</b>	<b>60 894,5</b>	<b>67 763,2</b>

Tablo 10'a göre Spot görüntüsünden tespit edilen ÇBMKBt, OT, Z-Is alanından geçen yol geçkisinin inşaat alanı, kapalılıklarının olmadığı veya az olması nedeni ile beklenen tahmini inşaat alanından fazla çıkmıştır. ÇBMKBt meşceresinde beklenen tahmini inşaat alanından % 35,62, OT alanından % 21,44, Z-Is alanından % 14,92 oranlarında daha fazla alanın inşaat alanı olduğu tespit edilmiştir.

Yine Tablo 10'a göre Spot görüntüsünden tespit edilen KnLGcd2, LÇsbc3, LKnbc2-3 meşcereleri alanından geçen yol geçkisinin inşaat alanı, 2 ve 3 kapalılıkta olduklarından dolayı Spot görüntüsünde inşaat alanının tümü görülmemektedir. Bu nedenden dolayı beklenen tahmini inşaat alanından daha az çıkmıştır. KnLGcd2 meşceresinde beklenen tahmini inşaat alanından % 10,92, LÇsbc3 meşceresinden % 30,68, LKnbc2-3 meşceresinden % 23,99 oranlarında daha az alanın tahrip olduğu tespit edilmiştir.

Bu durum bize kapalılığın fazla olduğu alanlarda inşaat alanının uydu görüntüsünden net olarak belirlenemediğini göstermektedir. Bunun nedenini kapalılığın fazla olduğu alanlarda orman örtüsünün toprak yüzeyinin uydu görüntüsünden

görülmesini engellemesi oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı 126 Kod nolu orman yolunun Spot görüntüsünden elde edilen 67 763,2 m<sup>2</sup> inşaat alanından daha fazla inşaat alanı olduğu gerçeğine varılmıştır. Bu yola ait gerçek inşaat alanı arazi çalışmasından elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmıştır. Dolayısıyla meşcere kapalılığının olduğu ormanlık alanlarda yol inşaatından sonra alınan uydu görüntülerinden inşaat alanının tam yerlerinin ve miktarının belirlenemediği tespit edilmiştir.

Arazide yol inşaat alanının dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanmasından kaynaklanan etki alanları çelik şerit metre yardımıyla arazide ölçülerek hesaplanmıştır. Yaklaşık 20 m’de bir yapılan ölçümlerde yol geçkisinin geçtiği alanın arazi sınıfı da arazi karnesine kaydedilmiştir. Arazi sınıfı çeşitleri orman toprağı ve ziraat alanları (OT-Z), çok bozuk ve 1 kapalılıkta alanlar (CB-S), 2 ve üstü kapalılığa sahip yoğun orman alanlar (ORM) olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Arazide yapılan ölçümlere göre 3+081 km’lik 126 Kod nolu orman yolunun inşaat alanı 75 127,5 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu alanın 58 191,0 m<sup>2</sup>’lik kısmı dolgu şevi alanı, 16 936,5 m<sup>2</sup>’lik kısmı ise yol platform alanını oluşturmaktadır. 126 Kod nolu orman yolunun tahmini inşaat alanı, Spot görüntüsündeki inşaat alanı ve gerçekteki inşaat alanı Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. 126 kod nolu orman yolunun tahmini, Spot görüntüsündeki ve gerçekteki inşaat alanları

<b>Kabul edilen tahmini inşaat alanı (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Spot görüntüsündeki inşaat alanı (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Gerçek inşaat alanı (m<sup>2</sup>)</b>
60 894,5	67 763,2	75 127,5

### **3.2. Dolgu Mesafesi ve Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Mesafesinin Modellenmesi**

Araziden yersel yöntemlerle alınan veriler kullanılarak SPSS 13.0 yazılımı yardımıyla veriler üzerinde istatistiksel analizler yapılmıştır. Önceden belirlenmiş her bir arazi sınıfı için (OT-Z, CB-S, ORM) ayrı olmak üzere arazi eğimi değişkeninden yararlanılarak dolgu mesafesini tahmin etmeye yardımcı olacak regresyon denklemlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan Regresyon Analizi sonuçlarına göre tüm arazi sınıfları için



$$y=e^{(b_0+b_1X)} \quad (2)$$

(veya doğrusal olarak  $\ln y = b_0+b_1x$ )

şeklindeki üssel denklem başarılı bulunmuştur. Her bir arazi sınıfı için tahmin edilen denklem parametreleri, bu denklemlere ilişkin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) değerleri ve p değerleri Tablo 12’de verilmiştir. Bu eşitlikte y dolgu mesafesi (m), x arazi eğimi (%) dir.

Tablo 12. Dolgu mesafesi denklemi  $R^2$  ve katsayıları tablosu

<b>Dolgu Mesafesi</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b><math>b_0</math></b>	<b><math>b_1</math></b>	<b>p</b>
$Y_{OT-Z}$	0,805	1,655	2,123	0,000
$Y_{CB-S}$	0,898	1,421	2,384	0,000
$Y_{ORM}$	0,726	1,046	2,434	0,000

Yine önceden belirlenmiş her bir arazi sınıfı için (OT-Z, CB-S, ORM) ayrı olmak üzere arazi eğimi değişkeninden yararlanılarak dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini tahmin etmeye yardımcı olacak regresyon denklemlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan Regresyon Analizi sonuçlarına göre tüm arazi sınıfları için

$$y=e^{(b_0+b_1X)} \quad (3)$$

(veya doğrusal olarak  $\ln y = b_0+b_1x$ )

şeklindeki üssel denklem başarılı bulunmuştur. Her bir arazi sınıfı için tahmin edilen denklem parametreleri, bu denklemlere ilişkin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) değerleri ve p değerleri Tablo 13’de verilmiştir. Bu eşitlikte y dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi (m), x arazi eğimi (%) dir.

Tablo 13. Yuvarlanma mesafesi denklemi  $R^2$  ve katsayıları tablosu

<b>Yuvarlanma Mesafesi</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b><math>b_0</math></b>	<b><math>b_1</math></b>	<b>p</b>
$Y_{OT-Z}$	0,879	1,885	2,429	0,000
$Y_{CB-S}$	0,912	1,708	2,546	0,000
$Y_{ORM}$	0,841	1,249	2,776	0,000

Elde edilen denklem ve katsayıları göre bir orman yolu geçkisine ait dolgu mesafesini ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini arazi sınıfına göre veren denklemler Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Dolgu mesafesi ve yuvarlanma mesafesi hesaplanmasında kullanılacak denklemler

<b>Arazi Sınıfı</b>	<b>Dolgu Mesafesi</b>	<b>Yuvarlanma Mesafesi</b>
OT-Z	$\ln Y_{OTZ}=1,655+2,123x$ ( $R^2=0,805$ )	$\ln Y_{OTZ}=1,885+2,429x$ ( $R^2=0,879$ )
CB-S	$\ln Y_{CB-S}=1,421+2,384x$ ( $R^2=0,898$ )	$\ln Y_{CB-S}=1,708+2,546x$ ( $R^2=0,912$ )
ORM	$\ln Y_{ORM}=1,046+2,434x$ ( $R^2=0,726$ )	$\ln Y_{ORM}=1,249+2,776x$ ( $R^2=0,841$ )

Arazi türüne göre belirlenen dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini veren denklemlerde mesafeler arazi eğim değişkenine bağlıdır. Her bir arazi sınıfı için arazi eğim değerlerine göre elde edilen denklemlerle hesaplanan dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini veren değerler Tablo 15’de verilmiştir. Arazi yapılan ölçümlerle elde edilen her bir ölçüm noktasındaki arazi sınıfı ve arazi eğim değeri ile gerçek dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini veren değerler Ek Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 15’e göre arazi eğim değeri arttıkça tüm arazi sınıflarında dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi artmaktadır. Herhangi bir arazi eğimi için üzerinde orman örtüsü bulunmayan OT-Z

alanlarındaki dolgu mesafesi, üzerinde orman örtüsü bulunan CB-S ve ORM alanlarındaki dolgu mesafesinden fazla olmaktadır. Orman örtüsünün kapalılığı arttıkça dolgu mesafesi aynı arazi eğim değerinde azalmaktadır. Bu yüzden CB-S alanlarındaki dolgu mesafesi ORM alanlarındaki dolgu mesafesinden daha fazladır. Yine herhangi bir arazi eğimi için üzerinde orman örtüsü bulunmayan OT-Z alanlarındaki dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi, üzerinde orman örtüsü bulunan CB-S ve ORM alanlarındaki dolgu mesafesinden fazla olmaktadır. Orman örtüsünün kapalılığı arttıkça dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi aynı arazi eğim değerinde azalmaktadır. Bu yüzden CB-S alanlarındaki dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi ORM alanlarındaki dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesinden daha fazladır. Bu durum orman örtüsünün kapalılığı arttıkça ağaçların dolgu materyalini tutmasından dolayı dolgu mesafesinin ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesinin azaldığını göstermektedir.

Tablo 15. Arazi sınıfları için eğim değerlerine göre dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin etki mesafesi tablosu

Arazi Eğimi (%)	OT-Z		CB-S		ORM	
	Dolgu Mesafesi (m)	Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Mesafesi (m)	Dolgu Mesafesi (m)	Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Mesafesi (m)	Dolgu Mesafesi (m)	Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Mesafesi (m)
1	5,35	6,75	4,24	5,66	2,92	3,59
5	5,82	7,44	4,67	6,27	3,21	4,01
10	6,47	8,40	5,26	7,12	3,63	4,60
15	7,20	9,48	5,92	8,08	4,10	5,29
20	8,00	10,71	6,67	9,18	4,63	6,08
25	8,90	12,09	7,52	10,43	5,23	6,98
30	9,89	13,65	8,47	11,84	5,91	8,02
35	11,00	15,41	9,54	13,45	6,67	9,21
40	12,23	17,40	10,75	15,28	7,54	10,58
45	13,60	19,65	12,11	17,35	8,51	12,16
50	15,13	22,19	13,64	19,71	9,61	13,97
55	16,82	25,05	15,37	22,38	10,86	16,05
60	18,71	28,29	17,31	25,42	12,26	18,44
65	20,80	31,94	19,50	28,87	13,85	21,19
70	23,13	36,06	21,97	32,79	15,64	24,34
75	25,72	40,72	24,75	37,24	17,66	27,97
80	28,60	45,98	27,89	42,30	19,95	32,13
85	31,80	51,92	31,42	48,04	22,53	36,91
90	35,36	58,62	35,40	54,57	25,45	42,41
95	39,32	66,19	39,88	61,97	28,74	48,73
100	43,73	74,74	44,93	70,39	32,46	55,98

Regresyon modelinin oluşturulmasında kullanılan verilerden bağımsız olarak alınan kontrol verileri yardımıyla her bir arazi sınıfı için oluşturulan dolgu ve yuvarlanma mesafelerine ilişkin regresyon modellerinin geçerliliği SPSS 13.0 paket istatistik yazılımındaki “eşlendirilmiş örnekler t testi” kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda tüm modeller bağımsız kontrol veri grubu için de geçerli bulunmuş, başka bir ifadeyle arazi çalışmaları sonucu elde edilen gerçek değerler ile modeller yardımıyla elde edilen tahmini değerler arasında % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. “Eşlendirilmiş örnekler t testi” sonucunda elde edilen değerler Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Model uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler ve denklemlerin ölçüt değerleri

Model No	Açıklama	n	t	p
1	OT-Z sınıfı dolgu mesafesi denklemi	35	0,879	0,386
2	CB-S sınıfı dolgu mesafesi denklemi	35	2,010	0,052
3	ORM sınıfı dolgu mesafesi denklemi	35	1,601	0,119
4	OT-Z sınıfı yuvarlanma mesafesi denklemi	35	1,514	0,139
5	CB-S sınıfı yuvarlanma mesafesi denklemi	35	1,387	0,175
6	ORM sınıfı yuvarlanma mesafesi denklemi	35	1,492	0,145

### 3.3. Veri Tabanı Üzerinde Oluşturulan Modelin Uygulanması ve Tartışılması

Koordinatlandırılan QuickBird uydu görüntüsü kontrollü sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Sınıflandırma işlemi için ERDAS yazılımının “Classifier” menüsünde bulunan kontrollü sınıflandırma (Supervised Classification) menüsü kullanılmıştır. Görüntü, belirlenen 4 ayrı arazi sınıfına göre kontrollü olarak sınıflandırılmıştır. Belirlenen arazi sınıfları orman toprağı (OT), ziraat (Z), çok bozuk veya 1 kapalılıkta ormanlık (CB-S), 2 ve üstü kapalılıkta ormanlık (ORM) alanlardır. Böylece yol yapımından önceki görüntünün arazi sınıflandırması yapılmıştır. OT ve Z alanlarının her

ikisi de açıklık alan olmalarından dolayı, yani inşaat sonucu oluşan dolgu materyalini tutacak bitki örtüsü olmadığından dolayı, dolgu alanı ve inşaat etki alanı modellenmesinde aynı arazi sınıfı olarak tanımlanmıştır. QuickBird uydu görüntüsü üzerinde yapılan kontrollü sınıflandırma işlemi sonunda kullanıcı doğruluk oranları ve hata matrisleri incelendiğinde, Z alanlarının doğruluk oranının düşük çıkmasının nedeninin Z alanlarının spektral değerlerinin özellikle OT alanlarının spektral değerleri ile karışmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Z ve OT alanlarının OT-Z olarak aynı arazi sınıfında bulunması bu olumsuz durumu da ortadan kaldırmıştır.

Arazi sınıflaması yapılmış olan QuickBird görüntüsü CBS veri katmanına eklenmesi için raster formatına dönüştürülmüştür. Raster formatındaki sınıflandırılmış QuickBird uydu görüntüsü üzerinde sorguların yapılabilmesi için arazi sınıfları poligon alanlar şeklinde tanımlanmıştır.

126 Kod nolu orman yolu geçkisi ile arazi sınıflandırması yapılmış QuickBird görüntüsü “overlay” işlemi ile birleştirilmiştir. Böylece planlanmış olan yol geçkisinin geçtiği arazi sınıflarının QuickBird görüntüsünden tespit edilmesi sağlanmıştır. Birleştirme işlemi sonucu elde edilen veri tabanında bulunan veriler Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Arazi sınıfı ve yol geçkisinin birleştirilmesiyle elde edilmiş, geliştirilen formüllerin uygulandığını gösterir veri tabanı

FID	Grid Code	Uzunluk (m)	% Eğim	Eğim Değeri	Dolgu Mesafesi (m)	Dolgu Alanı (m <sup>2</sup> )	Yuvarlanma Mesafesi (m)	Yuvarlanma Alanı (m <sup>2</sup> )
0	2	1,309	20,00	0,20	8,001	10,475	10,705	14,0163
1	2	3,397	28,00	0,28	9,482	32,221	13,002	44,181
2	3	3,598	28,00	0,28	8,072	29,048	11,255	40,500
3	2	0,206	29,00	0,29	9,685	1,996	13,321	2,745
4	1	0,034	44,00	0,44	13,318	0,455	19,177	0,655
5	2	0,534	44,00	0,44	13,318	7,118	19,177	10,250
6	2	1,698	44,00	0,44	13,318	22,617	19,177	32,568
7	2	2,269	28,00	0,28	9,482	21,516	13,002	29,502
8	3	5,483	28,00	0,28	8,072	44,268	11,255	61,721
8	3	0,631	18,00	0,18	6,360	4,0183	8,7257	5,512
9	2	0,440	38,00	0,38	11,725	5,164	16,577	7,301
10	1	0,128	38,00	0,38	11,725	1,503	16,577	2,125
11	2	0,452	41,00	0,41	12,496	5,660	17,830	8,076
12	2	1,707	52,00	0,52	15,783	26,946	23,291	39,766
13	2	1,850	38,00	0,38	11,725	21,698	16,577	30,676
13	2	1,835	41,00	0,41	12,496	22,937	17,830	32,728
14	1	2,407	45,00	0,45	13,603	32,755	19,649	47,312
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>TOPLAM</b>		<b>3 081,231</b>				<b>60 752,933</b>		<b>100 423,219</b>

Veritabanında bulunan tablodaki sütunlara ait açıklamalar aşağıda verilmiştir:

Grid Code : QuickBird görüntüsünün arazi sınıf kodlarını gösteren sütundur. 1 kodu OT alanlarını, 2 kodu Z alanlarını, 3 kodu CB-S alanlarını, 4 kodu ORM alanlarını temsil etmektedir.

Uzunluk : Yol geçkisinin arazi sınıf kodlarındaki çakışma mesafesidir.

% Eğim : Yüzde değeri olarak arazi eğimidir.

Eğim Değeri : Model formülde eğimin “0,00” şeklinde gösterimi için “% Eğim” sütununun 100’e bölünmesiyle elde edilen sütundur.

Dolgu mesafesi : Regresyon analizi sonucu dolgu mesafesinin tespiti için arazi sınıfına göre elde edilen 3 regresyon formülün “Grid Code” değerlerine göre uygun olanının kullanılmasıyla hesaplanan metre biriminden dolgu mesafesidir.

Dolgu alanı : Hesaplanan dolgu mesafesinin uzunluk ile çarpımından hesaplanmış dolgu alanını metrekare biriminden veren sütundur.

Yuvarlanma mesafesi: Regresyon analizi sonucu dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği mesafenin tespiti için arazi sınıfına göre elde edilen 3 formülün Grid Code

değerlerine göre uygun olanının seçilerek kullanılmasıyla hesaplanan metre biriminden dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesidir.

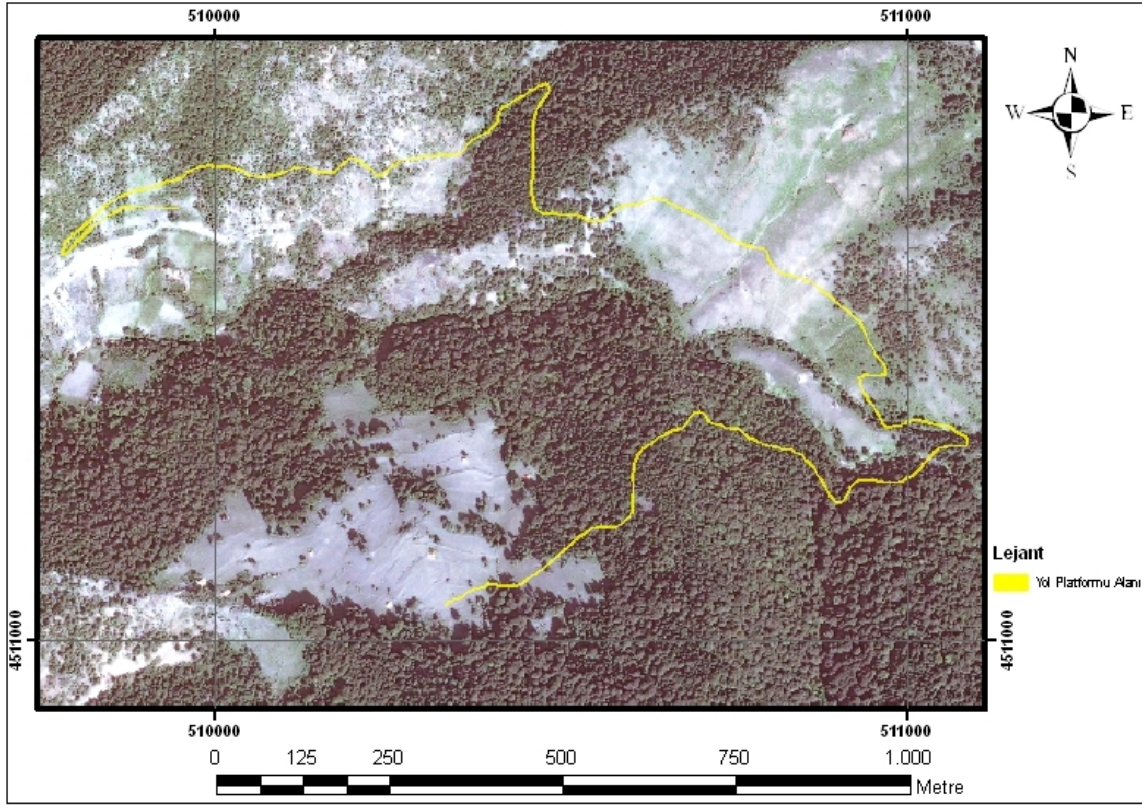
Yuvarlanma alanı: Hesaplanan yuvarlanma mesafesinin uzunluk ile çarpımından hesaplanmış dolgu materyalinin yuvarlanma alanını metrekare biriminden veren sütundur.

126 Kod nolu orman yolunun dolgu materyalinin bulunduğu toplam alan veritabanından 60 752,9 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alan değeri de 95 236,2 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Veri tabanında hesaplanan dolgu materyalinin bulunduğu alan ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanlar yol geçkisinin yamaç tarafında oluşmuş tahribat alanlarıdır. Standart yapıdaki B tipi orman yolunun platform genişliği 4'm dir. Yol platformunun kapladığı alan da inşaat alanı değerlerine ilave edilmelidir. 126 Kod nolu yolun yol platform alanı bu yolun uzunluğu ile B tipi standart orman yolu genişliği olan 4 m ile çarpılması sonucu hesaplanmıştır. 126 Kod nolu orman yolunun platform alanı Şekil 25'de gösterilmiştir.

$$YPA (m^2) = \text{Yol uzunluğu (m)} \times 4 (\text{B tipi standart orman yolu genişliği (m)}) \quad (4)$$

YPA: yol platform alanı



Şekil 25. 126 kod nolu yolun platform alanının QuickBird görüntüsü üzerindeki konumu

Hesaplanan yol platformu alanı (YPA) 126 kod nolu orman yolu için 12 331,6 m<sup>2</sup>'dir. Yolun inşaat alanını hesaplamak için yol platform alanı ile dolgu materyalinin kapladığı alan (DMA) toplanmıştır.

$$YIA \text{ (m}^2\text{)} = YPA \text{ (m}^2\text{)} + DMA \text{ (m}^2\text{)} \quad (5)$$

YIA : yol inşaat alanı  
 YPA : yol platform alanı  
 DMA : dolgu materyalinin kapladığı alan

Böylece uydu görüntüsü verisinden elde edilmiş alanın arazi sınıfı haritası ile orman yolu geçkisinin birleştirilmesiyle elde edilen veritabanına göre 126 Kod nolu orman yolunun inşaat alanı (YIA) 73 084,5m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir.

Tablo 18'de araziden elde edilen verilerle hesaplanan inşaat alanının, 20 m olarak kabul edilmiş tahmini inşaat alanın, Spot görüntüsünden belirlenmiş inşaat alanının ve geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanının dökümü ve gerçek inşaat alanına göre sapma oranları verilmiştir.

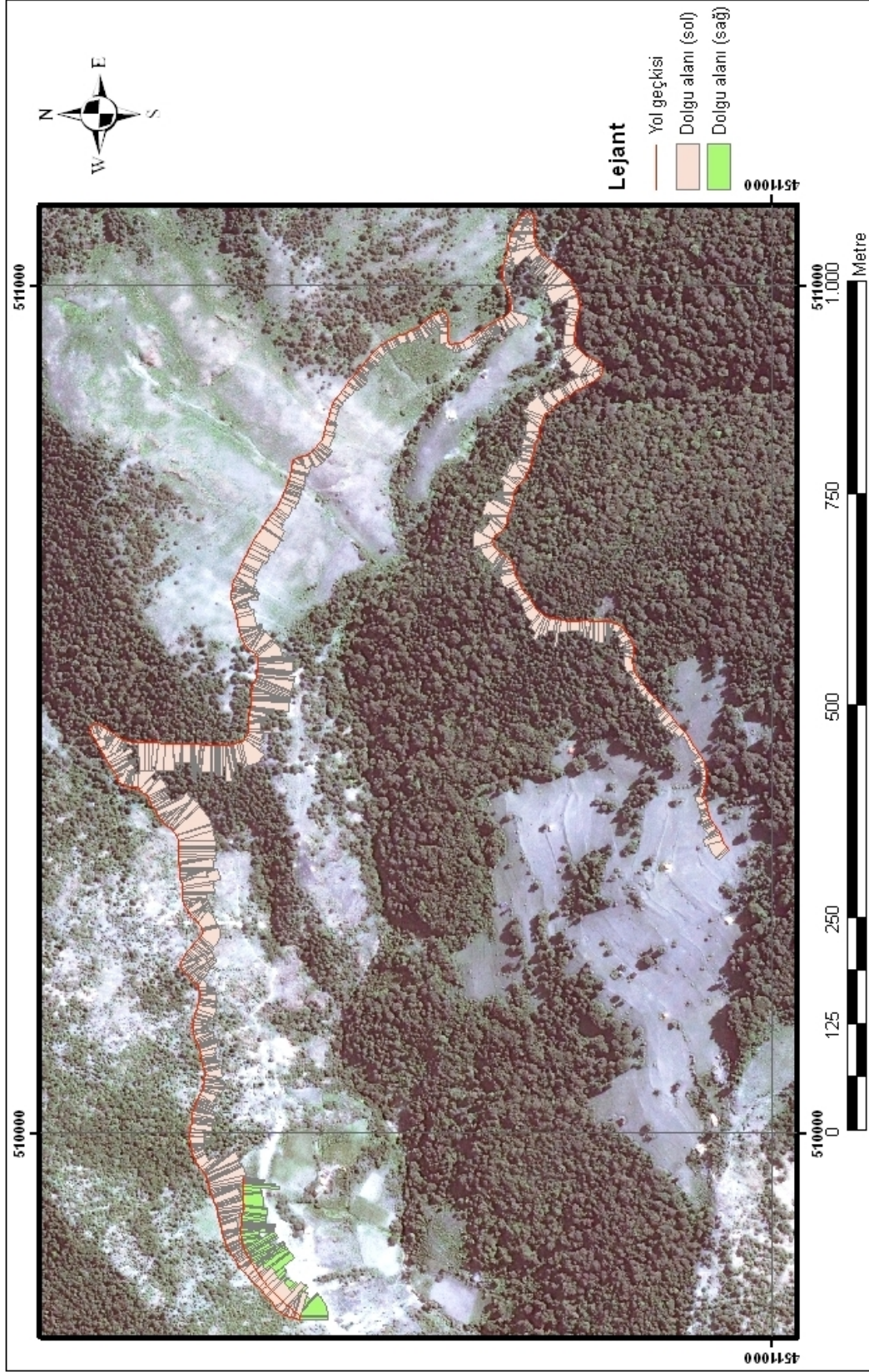


Tablo 18. Gerçek, tahmini, spot görüntüsündeki ve model ile tespit edilmiş inşaat alanları ile sapma oranları

Hesaplanan İnşaat Alanları	Alan (m <sup>2</sup> )	Gerçek Alana Göre Sapma Miktarı (%)
Arazi ölçümleri ile hesaplanan gerçek inşaat alanı	75 127,5	-
20 m olarak kabul edilen tahmini inşaat alanı	60 894,5	-18,95
Spot görüntüsünden tespit edilen inşaat alanı	67 763,2	-9,80
Geliştirilen model ile hesaplanan inşaat alanı	73 084,5	-2,72

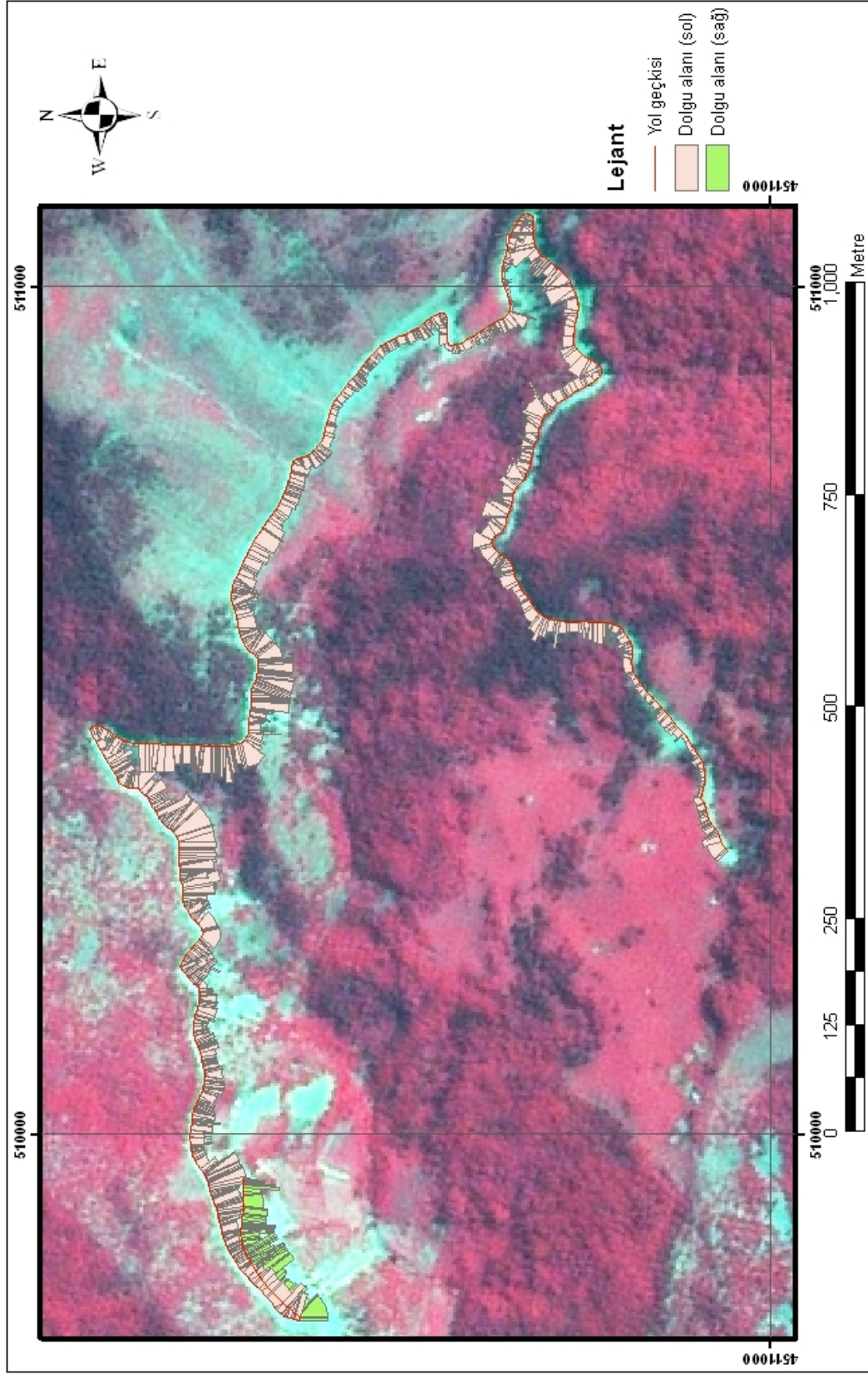
Tablo 18'e göre 20 m olarak kabul edilmiş tahmini inşaat alanının gerçek inşaat alanından % 18,95 daha az olduğu; Spot görüntüsünden belirlenmiş inşaat alanının gerçek inşaat alanından % 9,8 daha az olduğu; geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanının gerçek inşaat alanından ise % 2,72 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir. Geliştirilen model ile hesaplanan inşaat alanı gerçek inşaat alanına çok az bir sapma oranıyla en yakın değer olarak ortaya çıkmıştır.

Geliştirilen veri tabanındaki verilerle yol geçkisine ArcMap 9.2 yazılımındaki ArcToolbox modülündeki "Analysis Tools", "Proximity", "Buffer" menüsü kullanılarak dolgu alanını gösteren tamponlar atılmıştır. Böylece yol yapımından önce dolgu alanının QuickBird uydu görüntüsü üzerinde gösterilmesi ve dolgu alanının veritabanında hesaplanması sağlanmıştır. Şekil 26'da dolgu alanı QuickBird görüntüsü üzerinde, Şekil 27'de Spot görüntüsü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 26. Dolgu alanı ve yol geçkisinin QuickBird görüntüsü üzerindeki konumu





Şekil 27. Dolgu alanı ve yol geçkisinin Spot görüntüsü üzerindeki konumu (Bant kombinasyonu 1,2,3)

126 Kod nolu orman yolunun dolgu materyalinin yuvarlanma alanı araziden elde edilen verilerle 95 236,2 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Spot görüntüsü üzerinde bu alan meşcere altında kaldığından dolayı tespit edilememiştir.

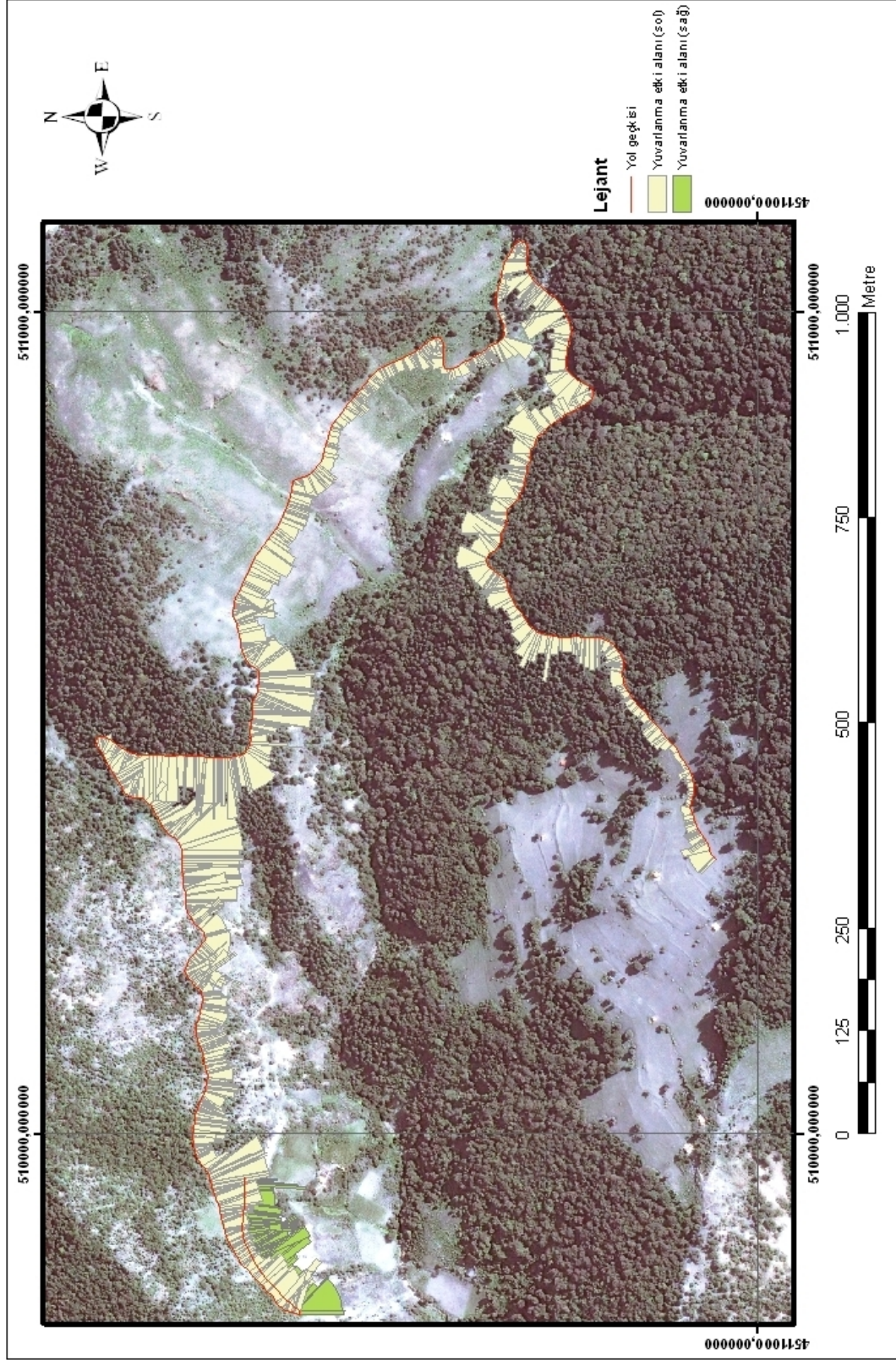
Tablo 19’da araziden elde edilen verilerle hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanma alanının ve geliştirilen model yardımıyla hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanma alanının dökümü ve gerçek dolgu materyalinin yuvarlanma alanına göre sapma oranları verilmiştir.

Tablo 19. Gerçek ve model ile tespit edilmiş dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanlar ile sapma oranları

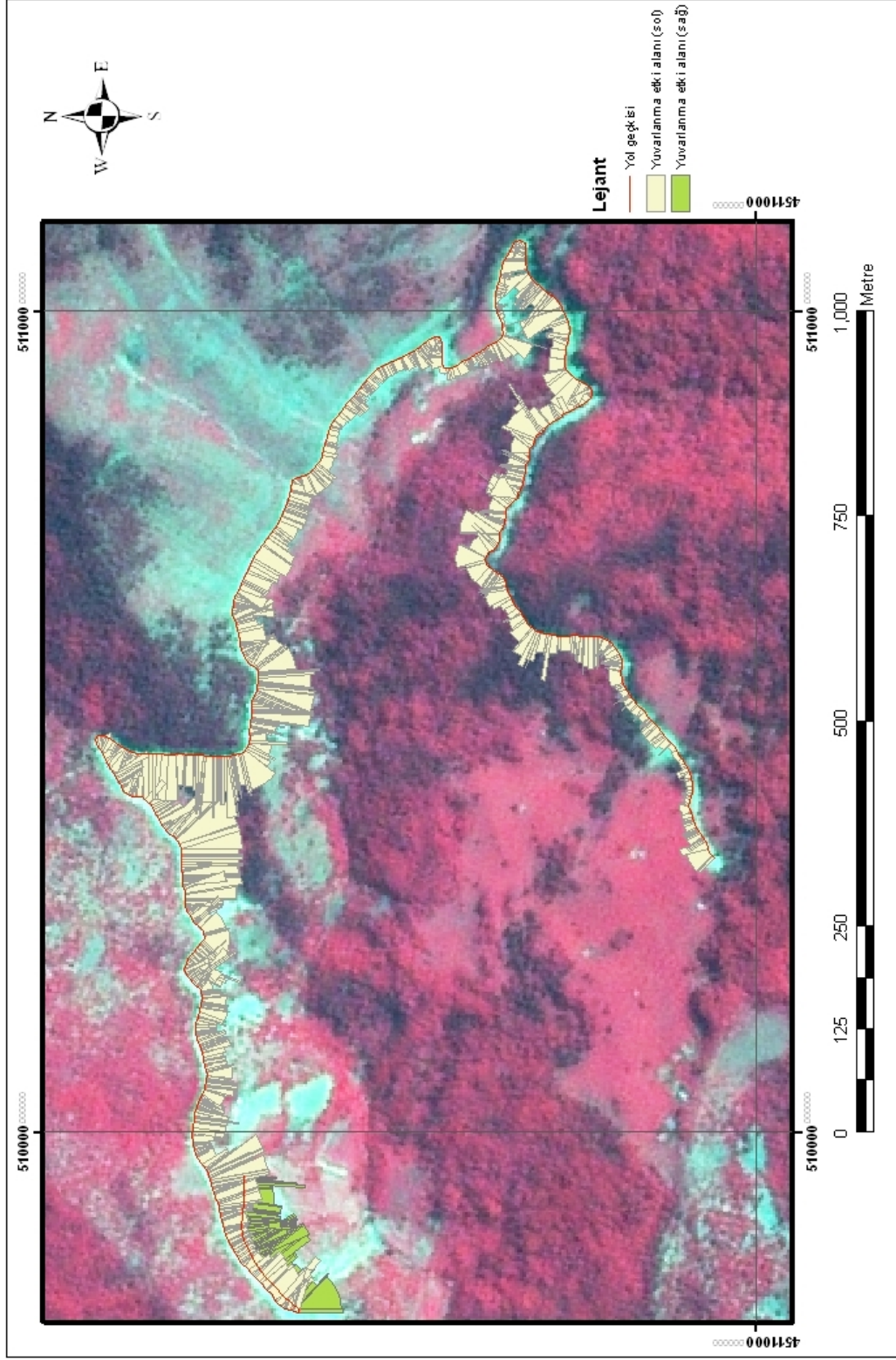
<b>Hesaplanan Dolgu Materyalinin Yuvarlanarak Etki Ettiği Alanlar</b>	<b>Alan (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Gerçek Alana Göre Sapma Miktarı (%)</b>
Arazi ölçümleri ile hesaplanan dolgu materyalinin gerçek yuvarlanma alanı	95 236,2	-
Geliştirilen model ile hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanma alanı	100 423,2	+5,45

Tablo 19’a göre geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanının gerçek inşaat alanından +% 5,45 oranında sapma miktarıyla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Geliştirilen veri tabanındaki verilerle yol geçişine ArcMap 9.2 yazılımındaki ArcToolbox modülündeki “Analysis Tools”, “Proximity”, “Buffer” menüsü kullanılarak dolgu materyalinin yuvarlanma alanını gösteren tamponlar atılmıştır. Böylece yol yapımından önce dolgu materyalinin yuvarlanma alanının QuickBird görüntüsü üzerinde gösterilmesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanının veritabanında hesaplanması sağlanmıştır. Şekil 28’de dolgu materyalinin yuvarlanma alanı QuickBird görüntüsü üzerinde Şekil 29’da Spot görüntüsü üzerinde gösterilmiştir.





Şekil 28. Dolgu materyalinin yuvarlanma alanı ve yol geçkisinin QuickBird üzerindeki konumu



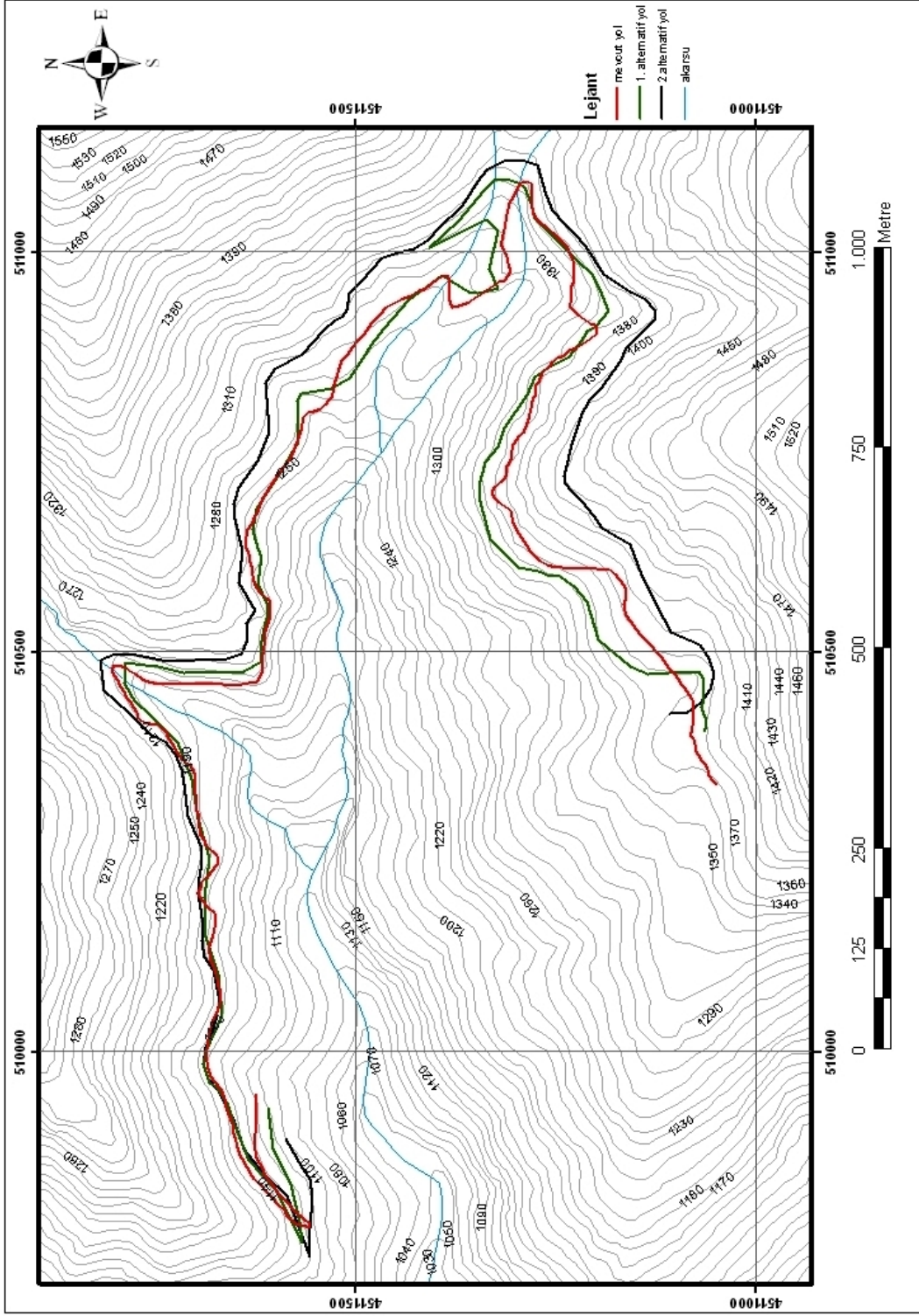
Şekil 29. Dolgu materyalinin yuvarlanma alanı ve yol geçişinin Spot üzerindeki konumu (Bant kombinasyonu 1,2,3)



### **3.4. Alanda İnşa Edilmiş Olan Mevcut Yola Alternatif Yol Geçkilerinin Oluşturulması ve Tartışılması**

126 Kod nolu orman yoluna % 10 ve % 8 ortalama eğime sahip iki adet alternatif yol geçkisi oluşturulmuştur. Oluşturulan alternatif geçkilerin dolgu ve inşaat etki alanları geliştirilen modeller yardımıyla hesaplanmıştır. Böylelikle 126 Kod nolu orman yolu dolgu alanı ve inşaat etki alanı ile oluşturulan iki alternatif yola ait dolgu ve inşaat etki alanları değerleri karşılaştırılmıştır. 126 Kod nolu orman yolunun ve alternatif iki geçkinin başlangıç ve son noktaları ile yerine getirecekleri işlevler hemen hemen aynıdır. % 10 ortalama geçki eğimdeki birinci alternatif yolun uzunluğu 3+115 km, % 8 ortalama geçki eğimdeki ikinci alternatif yolun uzunluğu 2+890 km'dir. Alternatif iki yol geçkisi ve alanda mevcut bulunan 126 Kod nolu geçki Şekil 30'da gösterilmiştir.

Oluşturulan iki adet alternatif geçkinin inşa edilmesi durumunda uzunlukları, inşaat alanları ve inşaatın etki alanlarının karşılaştırması yapılmıştır. Böylelikle mevcut geçki ile aynı amaçlara hizmet edecek alternatif geçkilerin dolgu ve inşaat etki alanları karşılaştırılmıştır.



Şekil 30. Mevcut yol ve alternatif yollar



Alternatif yollara ait geçkiler arazi sınıflandırması yapılmış QuickBird görüntüsü ile karşılaştırılmıştır. Her bir arazi sınıfı için oluşturulmuş olan regresyon denklemleri kullanılarak iki alternatif geçkiye ait ayrı ayrı dolgu ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanları hesaplanmıştır.

Yapılmış yol geçkisine ait, % 8 eğimli 1. alternatif yol geçkisine ait ve % 10 eğimli 2. alternatif yol geçkisine ait uzunluk, dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanı verileri Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Mevcut geçki ile alternatif geçkilerin dolgu ve inşaat etki alanları

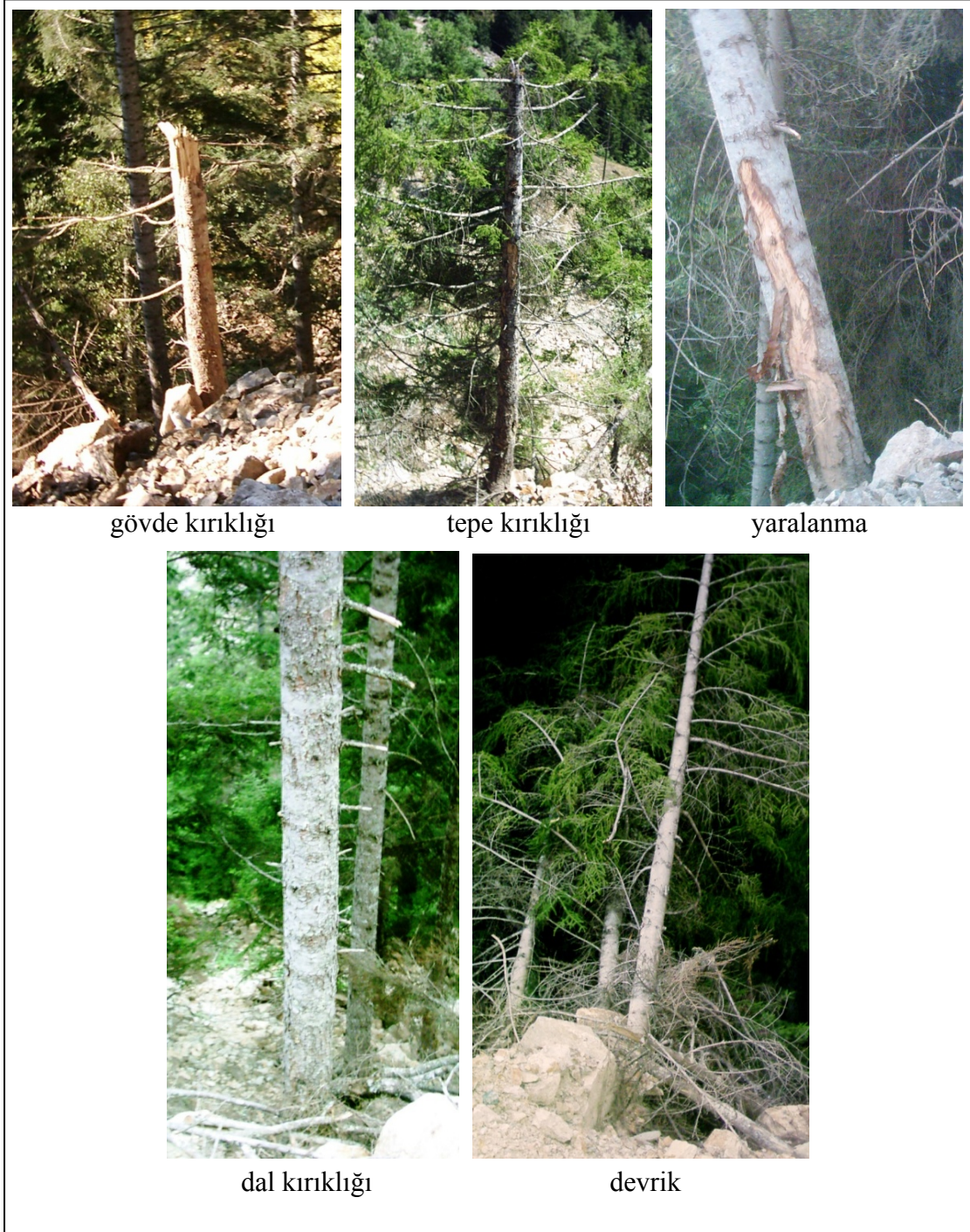
<b>Yol Geçkisi</b>	<b>Uzunluk (km)</b>	<b>Dolgu Alanı (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Alanı (m<sup>2</sup>)</b>
Mevcut yola ait geçki	3+081	60 752	95 236
% 10 eğime sahip 1. Alternatif Geçki	3+115	63 398	100 859
% 8 eğime sahip 2. Alternatif geçki	2+890	67 962	107 680

Tablo 20’ye göre alanda yapılmış yola ait olan mevcut yola ait geçki, 1. alternatif geçkiden daha kısa olduğu ve dolgu alanı ile dolgu materyalinin yuvarlanma alanlarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Mevcut yola ait geçki ile 2. alternatif geçki karşılaştırıldığında mevcut yola ait geçki 2. alternatif yoldan daha uzun olmasına rağmen dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanları daha azdır. % 10 ortalama eğimli 1. alternatif geçki ile % 8 eğimli 2. alternatif geçki karşılaştırıldığında ise 1. alternatif geçkinin 2. alternatif geçkiden daha uzun olmasına rağmen dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanları daha azdır.

Buna göre yol uzunluğu dikkate alındığında yollar 1. alternatif geçki, mevcut yola ait geçki ve 2. alternatif geçki olarak sıralanmaktadır. Dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanına göre geçkiler 2. alternatif geçki, 1. alternatif geçki ve mevcut yola ait geçki olarak sıralanmaktadır.

Yapım çalışmaları sırasında özellikle kayalık zeminlerde ortaya çıkan kaya parçalarının dolguda kullanılması sırasında kaya yuvarlanmaları söz konusu olmaktadır. Kaya yuvarlanmaları ormanın ekolojik dengesini bozması yanında dikili ağaçlarda da

olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu etkiler genel olarak ağaçların yaralanması, gövdelerinin kırılması, ağaçların devrilmesi, dal-tepe kırılması şeklinde doğrudan fiziki hasarlara neden olmaktadır. Dolayısıyla inşaat alanı ve yol inşaatının etki alanının minimum olması doğaya dost bir yaklaşım çerçevesinde tercih edilmelidir. Şekil 31’de çalışma alanında ağaçlar üzerinde oluşan fiziki hasar türleri ve örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 31. Çalışma alanındaki ağaçlar üzerinde oluşan hasar örnekleri

Orman yol yapım çalışmaları oldukça fazla miktarda kaya ve taş parçasının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu parçalar ekskavator ile düzgün bir şekilde dolgu şevine yerleştirilmez ise yamaçtan aşağı doğru yuvarlanır ve alanda çevresel tahribatlara neden

olurlar. Dozerle yapılan kazı çalışmalarında ve dinamit ile yapılan patlatmalarda bu olumsuz sonuçlar kaçınılmazdır.

Kaya yuvarlanmalarının yoğun olarak zarar verdiği yolun dolgu şevinin ilk 10 m'lik kısmında kaya yuvarlanmasını engelleyecek veya yavaşlatacak tesisler kurulmalıdır. Böylelikle orman yolu inşaatı çalışmalarından sonra dolgu şevinin alt tarafında kalan meşcerelerdeki bireylerde devrilme, tepe-gövde-dal kırıklığı, yaralanma gibi hasarların oluşması büyük oranda önlenebilecektir. Alanda yol inşaatı sırasında yaralanan ağaçların böcek zararlarına karşı daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir.

### **3.5. Tez Çalışmasının Teknik, Ekonomik ve Uygulanabilirlik Açılardan Değerlendirilmesi**

Orman yol ağları planlanırken birçok verinin bir arada değerlendirmesi gerekmektedir. Çeşitli kaynaklardan ve farklı formatlarda toplanan bu veriler bir arada değerlendirilerek orman yol ağları planlanmaktadır. CBS yazılımı ile oluşturulacak veri tabanı sayesinde orman yol ağı planlaması sırasında gerekli olan veriler bir araya toplanıp planlama için gerekli olan sorgulamalar kolaylıkla yapılabilmektedir. Veritabanı üzerinde oluşturulan orman yol geçkileri üzerinde istenilen işlemler ve değerlendirmeler sayısal ortamda gerçekleştirilebilmektedir.

Araziye ait sayısal veriler standart topografik haritalardan, orman amenajman planı meşcere haritalarından, yersel çalışmalardan elde edilebilmektedir. Uzaktan algılama verilerinden olan uydu görüntüleri sayesinde araziye ait veriler araziye çıkmadan kolaylıkla temin edilebilmektedir. Bu da orman yol ağlarının planlanması sırasında zaman ve maliyet açısından önemli oranda tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca, Orman İşletme Müdürlüğü alanlarına ait periyodik olarak alınacak uydu görüntüleri sayesinde alandaki zamansal değişimler de kolaylıkla tespit edilebilecektir.

3+081 km uzunluğunda olan 126 Kod nolu orman yolunun bulunduğu araziye ait QuickBird görüntüsü  $8 \text{ km} \times 8 \text{ km} = 64 \text{ km}^2$  olarak alınmıştır. Görüntünün  $64 \text{ km}^2$  olarak alınmasının nedeni, uydunun minimum görüntü alanının  $64 \text{ km}^2$  olmasından dolayıdır. Çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü QuickBird uydu görüntüsünün  $\text{km}^2$  fiyatı 22 dolardır.  $64 \text{ km}^2$ 'lik bu görüntü 2005 yılında 1 408 dolara alınmıştır. Temin edilen bu görüntü, görüntü sınırı içerisinde kalan alanda ileride planlanacak başka orman yolları için de kullanılabilir. Aynı alana ait Spot 5 uydu görüntüsünün  $\text{km}^2$  fiyatı ise

20 dolardır. 64 km<sup>2</sup>'lik 2,5 m çözünürlükte Spot 5 uydu görüntüsü 2007 yılında 1 280 dolara alınmıştır. Doğal kaynakların sürekliliğini sağlayacak çevreye duyarlı yaklaşımların daha da önem kazandığı günümüzde orman alanlarında inşa edilecek yolların planlanmasında uydu görüntüsü maliyetin fazla olmadığı rahatlıkla söylenebilir. 2006 – 2013 yıllarını kapsayan 9. Kalkınma planında, ormancılık yatırım faaliyetleri programında orman yolları konu başlığında toplam 430 125 000 YTL'lik yatırım öngörülmüştür (DPT, 2007). Buna göre ülkemizde her yıl 61 450 000 YTL orman yolları için harcanmaktadır. Bu durum bu çalışma için gerekli ekonomik gideri önemsiz kılmaktadır.

Orman yollarının planlanması sırasında bu çalışmada belirtilen yaklaşımın kullanılması doğru planlamayı (güzergah tayini) sağlayacaktır. Bu da orman yolları inşaatı için teknik ve çevresel avantajları sağlaması yanında ekonomik bir yol yapımına da zemin oluşturacaktır. Bu yaklaşımın uygulanma maliyeti, ülkemizdeki orman yolları inşaatı sonrası getireceği ekonomik ve çevresel getirilerin yanında çok düşük kalacağı için uygulanabilir bir yöntemdir.

#### 4. SONUÇLAR

Orman yolu inşaatında tahribat ve etki alanlarının uzaktan algılama verileri ile belirlenmesi konulu bu doktora çalışması ile ormanların üstlendikleri işlevlerin sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirebilmesi için gerekli olan orman yolları planlanırken, yol inşaat ve inşaatın etki alanının belirlenerek bu alanların asgaride tutulması yaklaşımı geliştirilmiştir.

Geliştirilen model yardımıyla, arazi sınıfına ve arazinin eğim değerine bağlı olarak ormanlık alanda yapılacak olan bir orman yolunun inşaat alanını oluşturan yol platform alanı ve dolgu materyalinin kapladığı alan ile dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanın önceden belirlenmesi sağlanmıştır. Önceden belirlenen bu alanlar, alana ait uydu görüntüsü üzerinde tespit edilerek gerekli yorumlamalar ve önlemlerin alınması sağlanmıştır.

Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 126 Kod nolu orman yolu üzerinde yapılan araştırmada elde edilen bulgular ve bunların değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar şunlardır;

126 kod nolu orman yolunun 116 m'lik kısmı (yolun % 3,8) 1. eğim sınıfından, 538 m'si (yolun % 17,5) 2. eğim sınıfından, 479 m'si (yolun % 15,5) 3. eğim sınıfından, 653 m'si (yolun % 21,2) 4. eğim sınıfından, 1 295 m'si (yolun % 42) de 5. eğim sınıfındaki araziden geçmektedir. Yolun geçtiği güzergahtaki meşcere tipleri ÇBMKBt, KnLGcd2, LÇsbc3, OT ve Z-Is olarak sıralanmaktadır.

126 kod nolu orman yolunun uzunluğu 3+081 km ve yolun yapıldığı arazinin denizden yüksekliği ortalama 1 248'm dir. Yol inşaat alanı 20 m olarak kabul edildiğinde tahmini inşaat alanı 60 894,5 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Yol yapımından sonra alınan 2,5 m çözünürlükteki Spot uydu görüntüsünden yola ait inşaat alanı 67 763,2 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Yolun gerçek inşaat alanı ise arazide yapılan ölçümler sonucunda 75 127,5 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre 126 Kod nolu orman yolunun 20 m olarak kabul edilen inşaat alanının gerçek inşaat alanından daha az inşaat alanına sahip olduğu ve sapma oranının -% 18,95 olduğu tespit edilmiştir. Spot uydu görüntüsünden belirlenen inşaat alanının gerçek inşaat alanından daha az inşaat alanına sahip olduğu ve sapma oranının -% 9,80 olduğu tespit edilmiştir. Spot görüntüsünden tespit edilen inşaat alanının gerçeği yansıtmamasının nedeni olarak meşcere kapalılığının olduğu inşaat

alanlarında orman örtüsünün toprak yüzeyinin görülmesini engellemesinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Özellikle kapalı meşcerelerden geçen mevcut bir orman yoluna ait inşaat alanı sınırları uydu görüntüsünden doğru olarak belirlenememektedir. Geliştirilen model ile hesaplanan inşaat alanının gerçek inşaat alanından sapma oranı ise sadece -%2,72 olmuştur.

126 Kod nolu orman yolundan arazi çalışmaları ile elde edilen veriler kullanılarak üç ayrı arazi sınıfı için (OT-Z, CB-S, ORM) arazi eğimi değişkeninden yararlanılarak orman yolunun dolgu mesafesi ile dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini tahmin etmeye yardımcı olacak regresyon denklemleri belirlenmiştir. Regresyon denklemlerinin oluşturulmasında kullanılan verilerden bağımsız olarak araziden alınan kontrol verileri yardımıyla her bir arazi sınıfı için oluşturulan dolgu ve yuvarlanma mesafelerine ilişkin regresyon modellerinin geçerliliği “eşlendirilmiş örnekler t testi” kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda tüm modeller bağımsız kontrol veri grubu için de geçerli bulunmuştur. Bu regresyon denklemleri kullanılarak belirlenen arazi sınıflarına göre (OT-Z, CB-S ve ORM) her % 5’lik arazi eğim değeri için dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki edeceği mesafeyi veren altlık bir tablo (Tablo 15) hazırlanmıştır.

Yapımı planlanan orman yoluna ait dolgu mesafesi ile dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini tahmin etmeye yardımcı olacak regresyon denklemleri için gerekli olan değişkenler yolun geçeceği arazi sınıfı ve arazinin eğim değeridir. Yapılan çalışmada yol yapılacak alanın arazi sınıfı tespiti, yol yapımı öncesi alınmış olan QuickBird uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırılmasıyla tespit edilmiştir. Arazinin eğim değerleri ise araziye ait standart topografik haritaların eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılmasıyla elde edilmiştir. Böylelikle araştırma metodolojisi ile yol yapımından önce, araziye çıkmadan yolun geçeceği alanın özelliklerine göre dolgu mesafesi ile dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini tahmin yöntemi geliştirilmiştir.

Geliştirilen model ile çalışmaya konu olan 126 Kod nolu orman yolunun yamaç tarafında kalan dolgu alanı 60 752,9 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Arazi ölçüleriyle hesaplanan yolun gerçek dolgu alanı ise 58 191,0 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Geliştirilen model yardımıyla hesaplanan dolgu alanının sapma oranı +% 4,4 olmuştur.

Geliştirilen model ile 126 Kod nolu orman yolunun dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alan 100 423,2 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Arazi ölçüleriyle hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alan ise 95 236,16 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Model

yardımıyla hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanın sapma oranı +% 5,45 olarak tespit edilmiştir.

Model yardımıyla alana yapılacak olan yolun dolgu materyalinin kapladığı alan ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alan yol yapımı öncesi alınmış olan yüksek çözünürlüklü (0,61m) uydu görüntüsü üzerine giydirilerek belirlenmiştir. Çalışma alanına yapılmış olan yola ait iki adet alternatif yol geçkisi sayısal ortamda oluşturulmuştur. Alternatif yol geçkilerine ait yol uzunluğu, dolgu materyalinin kapladığı alan ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alan her bir alternatif geçki için ayrı ayrı belirlenerek uydu görüntüsü üzerine giydirilmiştir. Geçki eğimi % 10 olarak planlanan 1. alternatif geçkinin uzunluğu 3+115 m'dir. Geçki eğimi % 8 olarak planlanan 2. alternatif geçkinin uzunluğu 2+890 m'dir. Yol uzunlukları dikkate alındığında geçkilerin sıralaması; Geçki eğimi % 10 olan 1. alternatif geçki (3+115m), mevcut yol geçkisi (3+081m) ve geçki eğimi % 8 olan 2. alternatif geçki (2+890m) olarak oluşmaktadır.

1 alternatif geçkinin dolgu alanı 63 398 m<sup>2</sup>, dolgu materyalinin yuvarlanma alanı 100 859 m<sup>2</sup>; 2. alternatif geçkinin dolgu alanı 67 962 m<sup>2</sup>, dolgu materyalinin yuvarlanma alanı 107 680 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Buna göre dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanına göre geçkiler geçki eğimi % 8 olan 2. alternatif geçki, geçki eğimi % 10 olan 1. alternatif geçki ve mevcut yol geçkisi olarak sıralanmaktadır. Tahrip ve etki alanları dikkate alındığında mevcut geçkiye ait tahrip ve etki alanının alternatif yollara ait inşaat ve etki alanından daha az olduğu tespit edilmiştir.

Geliştirilen bu yöntem ile orman yolu geçkilerinin planlanması ve karar verilmesi aşamasında, gelişmiş teknoloji ürünlerinden olan uydu görüntüleri ve uydu görüntüsü işleme yazılımları kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ve yazılımlar ile yol geçkisi planlamada kullanılacak birçok veri araziye çıkmadan temin edilmiştir. Bu da işgücü, zaman ve maliyet açısından büyük tasarruf sağlamıştır.

Meşcere altında kalan inşaat alanlarına ait net alansal veriye meşcere kapalılığı, ağaç cinsi, güneş ışınlarının yansıma açısı ve uydu pozisyonları gibi nedenlerden dolayı ulaşılamamaktadır. Bu sebeple kapalılığı yüksek orman alanlarında yol inşaatından sonra alınan uydu görüntüleri üzerinden inşaat alanları istenilen hassasiyette belirlenememektedir.

Bu yöntem yardımıyla uydu görüntüleri kullanılarak ileride yapılacak olan orman yollarının inşaat alanlarının ve inşaatın etkileyeceği alanların önceden belirlenmesi sağlanmıştır. Böylelikle, çevresel açıdan en uygun geçki alternatifinin seçilmesi



sağlanabilecektir. Seçilen geçki üzerinde orman yolu inşaatının araziye en az tahribat ve etki etmesini sağlamak amacıyla gereken yerlere fiziki önlemlerin alınabilmesi de sağlanmış olacaktır.

Değerlendirilen veriler ışığında uzaktan algılama verileri kullanılarak orman yol geçkisinin yolun bulunduğu alanın topografik ve flora özellikleri dikkate alınarak planlanma kriterleri ortaya konulmuştur. Bu yöntemle bir orman yolunun güzergah tayininde dolgu ve inşaat etki alanının önceden tespit edilmesi bize teknik ve çevresel avantajlar sağlaması yanında kısa ya da uzun vade de ekonomik bir yol planlamasını da gerçekleştirecektir.

Yapılan çalışmalar sonucunda uzaktan algılama verileri ve CBS'nin orman yollarının planlanmasında çok önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir.

## 6. ÖNERİLER

Geliştirilen çevresel yaklaşımli orman yol geçkisi belirleme yaklaşımı orman alanlarında yapılacak yolların orman ekosistemine en az zarar verecek şekilde planlanması temeline dayanmaktadır. Bu orman ekosisteminin korunması prensibinin bir gereğidir.

Orman içinde gerçekleştirilen yol inşaat çalışmaları sırasında yüksek oranda çevre zararları oluşmaktadır. Mevcut haliyle orman yol geçkileri planlanırken orman yolu inşaatı sonrası alanda oluşacak tahribat durumu göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu durum bazen yenilenmesi çok zor olan önemli çevre tahribatlarına neden olabilmektedir.

Yol geçkisi planlanırken, yapılacak olan orman yolunun inşaat tahribatının yol yapımından önce alınmış uydu görüntülerinden tespit edilip, planlama amacı doğrultusunda en az tahribatlı geçki planlaması, geliştirilen yöntem sayesinde sağlanabilir. Böylelikle orman yolları, arazi çalışmasına gerek olmaksızın daha isabetli ve optimal güzergahlarda, en az alansal tahribat verecek şekilde planlanabilir.

Orman yolları inşaatı ve planlaması metre hassasiyeti gerektirdiğinden dolayı orta ve düşük çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanılması gerekli hassasiyeti sağlamayacaktır. Orman yolu geçkilerinin planlamasında kullanılacak uydu görüntüleri seçilirken bu görüntülerin yüksek çözünürlüklü olarak alınması gereklidir.

Orman yolu inşaatından etkilenecek alanlar uydu görüntüleri üzerinden belirlenip gerekli görülen yerlerde tahribat alanının azaltılmasını sağlayacak ağ, perde, vb. fiziki engeller kullanılabilir.

Planlama alanına ait görüntüler ve alana ait veriler sayısal ortamda katmanlar halinde oluşturulmalıdır. Bu sayede klasik haritalarda hiçbir zaman değerlendirilemeyecek kadar çok bilgi birlikte değerlendirilebilir. Oluşturulan veri tabanı ile sorgulamalar yapılarak araziye ait istenen değerlendirmeler yapılabilir. Veri tabanı sayesinde gerek geçki değişikliği, gerekse düşünülen diğer yapıların projelendirilmesi hava şartlarına ve mevsime bağlı olmaksızın veri tabanı üzerinden kolaylıkla yapılabilir. Ayrıca, planlama alanlarına ait periyodik zamanlarda alınan uydu görüntülerin karşılaştırılması ile orman yolu inşaatlarının çevrede yaptığı alansal değişimler, oluşan zararlar ve zararların yenilenme başarıları açıklıkla ortaya konulabilir.

Ülke ormanlarının rasyonel olarak işletmeye açılması için orman yol ağı planlarının güncel bilgilere dayalı olarak yenilenmesi işlemini biran önce tamamlanmalıdır. Bu amaca

hizmet edecek kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin göz önünde bulundurularak projelerin yapılmasında uydu görüntülerinin kullanılması zaman ve maliyet açısından yararlı olacaktır. Orman yollarının projelendirilmesinde daha kolay ve ekonomik olan yeni tekniklerden yararlanılması ülke ekonomisine de olumlu yönde katkıda bulunacaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, sahip olduğu coğrafi veri depolama, güncelleme ve birçok analizi gerçekleştirme özellikleri sayesinde işlevsel orman yol ağı planlamasında araç olarak mutlaka kullanılmalıdır. Arazi örtüsü, arazi kullanımının belirlenmesinde ve fiziksel planlamayı gerçekleştirmede temel parametrelerden bir tanesini oluşturmaktadır. Uydu görüntülerinden planlama yapılacak alanlara ait arazi örtüsü sınıflandırması yüksek doğruluk oranında ve kolaylıkla yapılabilmektedir. Sınıflandırılan uydu görüntüleri üzerinde CBS yazılımları kullanılarak verilerin sorgulaması, orman yolları planlamasında kullanılmalıdır.

Yapım çalışmaları sırasında ortaya çıkan kaya parçalarının dolguda kullanılması sırasında kaya yuvarlanmaları meydana gelmektedir. Kaya yuvarlanmaları dikili ağaçlarda yaralanma, fidan ve ince çaplı ağaçların kırılması, böcek zararlarının oluşması şeklinde doğrudan fiziki hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle patlatma tekniği ile yol inşaatı yapılan alanlarda ve fazla miktarda dolgu materyali olan alanlarda çıkan materyallerin büyük alanlarda olumsuz etki yapmaması için gereken önlemlerin önceden alınmasına dikkat edilmelidir.

Bu çalışma ile geliştirilen modelin gelecekte yapılacak orman yolları planlamasında kullanılmasıyla, orman yolu planlanan alanda arazi çalışmasına gerek kalmadan yolun dolgu alanının ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki edeceği alanın tespiti önceden yapılabilir. Böylece çevresel tahribatı en az olan yol geçkilerinin planlanması sağlanabilir. Tahribatın kabul edilebilir limitten fazla olması durumunda geçki değişikliği yoluna gidilmelidir.

Bu çalışma uygulamaya aktarılırken çevresel, teknik ve ekonomik açılardan daha fazla katkı sağlayacağı için özellikle eğimli ve hassas ormanlara sahip orman alanlarına öncelik verilmelidir.

Ülkemizdeki her bir işletme şefliği alanına ait periyodik olarak yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri alınmalıdır. Bu görüntüler yeni yolların planlanmasında, alandaki çevresel değişimlerin gözlemlenmesinde, her türlü alansal planlama çalışmalarında, ormanların gelişiminin gözlenmesinde kullanılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Acar, H. H, Eker M., 2003. The Use of Excavators in Forest Road Construction and Their Environmental Benefits, Journal of Southwest Anatolia Forest Research Institute, 5, 97-128.
- Acar, H. H., Eroğlu H. ve Gümüş, S., Mart 2001. Orman Yollarının Plan ve Projelendirilmesi Çalışmalarındaki Yeni Gelişmeler, Türkiye Ormancılar Derneği I. Ulusal Ormancılık Kongresi, Ankara, Bildiriler Kitabı, 618.
- Acar, H. H. ve Gumus,S., 9-10 September 2002. Technological Developments in Forest Network Layout in Turkish Forestry, Proceeding of Logistics of Wood Technical Production in the Carpathian Mountains, Zvolen, Slovakia, 19-23.
- Acar, H. H. ve Gümüş, S., Ekim 1998. Orman Yol Ağı Planlamasında Teknik Bilgi ve Haritaların Coğrafi Bilgi Sistemleri Yoluyla Belirlenmesi, Cumhuriyetin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 442-450.
- Acar, H. H., 1999. Orman İşletmeciliğinde Yol İnşaatı, Üretim ve Transport Çalışmalarının Doğal Çevre ve Korunması Açısından Değerlendirilmesi, I. International Symposium on Production of Natural Environment and Ehrami Karaçam, Kütahya, Bildiriler Kitabı, 497-507.
- Acar, H. H., Eylül 2005. Orman Yol Ağı Güzergahlarının Belirlenmesinde Uydu Görüntülerinden Yararlanılması, KTÜ 2005 Güz Yarıyılı Seminerleri, Trabzon, s 7.
- Acar, H. H., 2005. Orman Yolları, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ders Teksirleri Serisi: 82, Trabzon.
- Acar, H. H. Ve Ünver, S., 2004. Odun Hammaddesi Üretiminde Teknik ve Çevresel Açından Zararların Tespiti ile Çözüm Önerileri, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 2002-2003-2004, Vol. I-II, 165-173.
- Acar, H. H., Şentürk, N. ve Büyük, E., 2000. Orman Yol Ağları, Heyelanlar ve Mühendislik Jeolojisi, İ.Ü.O.F. Dergisi, Seri: B, Cilt:45, Sayı: 3-4, 71-84.
- Acar, H. H. ve Şentürk, N., 1996. Dağlık Arazide Orman Yollarının Planlanması ve Üretim Çalışmalarının Orman Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri, İ.Ü.O.F. Dergisi, Seri:B, Cilt: 43, Sayı:1-2, 103-110.
- Akay, A. E., 2004. A New Method of Designing Forest Roads, Turk Journal Agric. For., 28, 273-279.

- Akay, A. E., Erdaş, O., Yüksel, A., Bozali, N., Gündoğan, R. ve Öztürk, T., 30 Ekim-02 Kasım 2007. Bilgisayar Destekli Orman Yolu Planlama Modeli, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, s 62.
- Alpaslan, E. ve Divan, N. J., 13-14 Kasım 2001. Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojilerinin Birleşimi, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, Ankara.
- Anonim, 22 Kasım 2007. A Manual for the Planning, Design and Construction of Forest Roads in Steep Terrain, FAO Corporate Document Repository, <http://www.fao.org/docrep/w8297e/w8297e00.HTM> .
- Anonim, 1998. Uzaktan Algılama ve Erdas Imagine'a Giriş, İşlem Şirketler Grubu, Ankara.
- Arıcak, B., 2002. Hava Fotoğrafları Yardımı İle Kastamonu İl Merkezi Çevresinin Arazi Kullanım Şekillerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arıcak, B. and Acar, H. H., 15-18 June 2005. A Method Study Which is Forest Road Construction Environmental Damages Evolution by Remote Sensing and GIS, International Scientific Conference "Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management, Krakow / Poland, 113-117.
- Bayoğlu, S., 1969. Orman Yol Şebekelerinin Planlanması ve Orman Yollarının Makineyle İnşası ile İlgili Esaslar, İstanbul Orman Fakültesi Basımevi, İstanbul.
- Çoban, H. O., 2006. Uydu Verileri ile Orman Alanlarındaki Zamansal Değişimlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, M., 2007. Impacts, Management and Functional Planning Criterion of Forest Road Network System in Turkey, [www.elsevier.com/locate/tra](http://www.elsevier.com/locate/tra), Transportation Research Part A, Policy and Practice, Volume 41, 56–68.
- Demirbüken, H., 1996. Ankara İli Yerleşim Alanı Arazi Örtüsünün ve 1986-1995 Yılları Arasındaki Değişimin Uzaktan Algılama Teknikleri İle Belirlenmesi, Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Müdürlüğü, Gümüşhane Meteoroloji İl Müdürlüğü, İklim Verileri, Gümüşhane, 2005.
- Dilek, F., Çelik, D. ve Anıl, S., 1991. Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Arc/Info Yazılımı, A.Ü. Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ders Notu, Ankara.

- DPT, Ormançılık Özel İhtisas Raporu, Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No 2531 – ÖİK 547, Ankara 2001.
- DPT, Ormançılık Özel İhtisas Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No 2712 – ÖİK 665, Ankara 2007.
- Elmore J. A., 2000. Land-Use And Land-Cover Change in Owens Valley, CA. Department Of Geological Sciences, Brown University, <http://www.planetary.brown.edu/~elmore/newpage/lcluc.html>.
- Erdaş, O., Acar, H. H., Karaman, A. ve Gumus, S., 13-22 October 1997. Selecting of Forest Road Routes on The Mountainous Areas Using Geographical Information Systems, XI Forestry Congress, Antalya, Turkey. Vol.3 p 213.
- Erdaş, O., Acar, H.H., Tunay, M., ve Karaman, A., 1995. Türkiye’de Orman İşçiliği ve Üretim, Orman Yolları, Orman Ürünleri Transportu, Ormançılıkta Mekanizasyon ve Mülkiyet - Kadaastro ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Türkiye Ormançılık Raporu, Trabzon, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 48 s 6.
- Erdaş, O. ve Gümüş, S., 2000. Orman Yol geçkilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanma İmkanları Üzerine Bir Araştırma, TÜBİTAK Doğa Dergisi, Cilt:24, 611-619.
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No:187, 298, Trabzon.
- Erdin, K., 1986. Fotoyorumlama ve Uzaktan Algılama. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3404, O.F. Yayın No: 381, İstanbul.
- Eva, H. and Lambin, F. E., 2000. Journal of Biogeography, 27, 765 – 776, 2000 Blackwell Science Ltd.
- Fielding, N. J. and Evans, H. F., 1997. Biological control of *Dendroctonus micans* (Scolytidae) in Great Britain, Biocontrol News and Information, 18 (2), 51–60.
- Fuller, R.M., Groom, G.B. and Jones, A.R., 1994. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol 60, No 5.
- Guler, M., Yomralioglu, T. ve Reis, S., 2006. Using Landsat Data to Determine Land Use/Land Cover Changes in Samsun Turkey, Journal of Environmental Monitoring and Assessment (SCI), Vol.127, Springer Science, ISSN 0671-6369, 155-167.
- Gümüş, S. Ve Acar, H. H., October 2003. Building of Forest Roads Database by GPS/GIS Techniques for Turkish Forestry, Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, Schlaegl, Austria, CD Proceeding.

- Gümüş, S. ve Acar, H. H., Aralık 2003. Kırsal Alan Yol Planlamasında Çevre Etkileri Değerlendirmesi, Doğu Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 107-121.
- Gümüş, S. ve Acar, H. H., 21-24 Mart 2005. Orman Yolları Planlamasında Çevre Etki Değerlendirmesi İmkanları, 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, Antalya, [http://sura.cevreorman.gov.tr/gelen\\_tebliğ/3\\_konu/acar\\_gumus.doc](http://sura.cevreorman.gov.tr/gelen_tebliğ/3_konu/acar_gumus.doc).
- Gümüş, S., 2003. Üretim, Milli Park ve Yangına Hassas Alanlarda Orman Yol Ağının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Planlanması, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gümüş, S. ve Acar, H. H., Aralık 2003. Kırsal Alan Yol Planlamasında Çevre Etkileri Değerlendirmesi, Doğu Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 107-121.
- Çakır, G., 1999. Ormanların Dinamik Yapısının Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hayrinen, T., 2007. Forest Road Planning and Landscaping, <http://www.fao.org/docrep/x0622e/x0622e05.htm> 14 Eylül 2007.
- Heinimann, H., R., 1998. Opening-up Planning Taking Into Account Environmental and Social Integrity, Proceedings of The Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport, Sinaia, Romania, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 62-69.
- Koç, A., İstanbul'daki Hızlı Şehirleşmenin Yol Açtığı Ormansızlaşmanın Uzaktan Algılama Verileriyle Belirlenmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 56, Sayı 1, (2006).
- Köse, S., Çakır, G. ve Sivrikaya, F., Mart 2001. Ormancılığımızda Uzaktan Algılamanın Önemi, Türkiye Ormancılar Derneği I. Ulusal Ormancılık Kongresi, Ankara, 96.
- Lempérière, G., Ecology of the Great European Spruce Bark Beetle *Dendroctonus micans* (Kug.), Ecologie, 25 (1) (1994) 31-38.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques, Int. J. Remote Sensing, 25(12), 2365-2407.
- Lugo, A. E., 2007. Function, Effects and Management of Forest Roads, Forest Ecology and Management, [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 21 Kasım 2007.
- Martin, M.,E., Newman, S., D., Aber, J.,D. and Congalton, R., G., 1998. Determining Forest Species Composition Using High Spectral Resolution Remote Sensing Data, Remote Sensing of Environment, 0034-4257, 65, 249.

- Martin, A. M., Owende, P.O.M., O'Mahony, M. J., and Ward, S. M., 1999. Estimation of the serviceability of Forest Access Roads, Journal of Forest Engineering, 10, 2, 55-61.
- Moore D., and Matthew I., 1998. Analysis of Land Cover Change Between 1973 and 1992 in the Sierra de Los Ajos, Sonora.
- OGM İnşaat Dairesi Başkanlığı, 1984. 202 Sayılı Tebliğ Orman Yollarının Planlanması ve İnşaat İşlerinin Yürütülmesi, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, Mayıs 2008. İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Etüd Proje Şube Müdürü Nurettin Altaş ile yapılan görüşme.
- Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Torul İşletme Müdürlüğü Alacadağ Orman İşletme Şefliği Orman Yolları Şebeke Planı 1987.
- Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Torul Orman İşletme Müdürlüğü Alacadağ Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı, 6, 2005.
- Önder, M., Kavramlar, 1993. Temel Esaslar, Uydu Sistemleri, Uygulama Alanları, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılama Ders Notları 23, Ankara.
- Özcan, G. E, Eroğlu, M. ve Alkınıc H.A, 2006. Pest status of *Dendroctonus micans* (kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) and the effect of *Rhizophagus grandis* (Gyllenhal) (Coleoptera: Rhizophagidae) on the population of *Dendroctonus micans* in the oriental spruce forests of Turkey, Journal of Entomology, 30 (1) 2, 11-22.
- Öztürk, T. ve Ayberk, H., 20- 22 Ekim 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Orman Yol Yapımının Ormanların Korunması Açısından Değerlendirilmesi, Ladin Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, II. Cilt, 809.
- Reis, S., Yomralıoğlu, T., 2002. Landsat ETM+ Kullanılarak Trabzon İli Arazi Kullanım Haritasının Elde Edilmesi, Doğu Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu, Trabzon, 306-315.
- Rogers, Luke W., 2005. Automating Contour-Based Route Projection for Preliminary Forest Road Designs Using GIS, Master of Science, University of Washington.
- Sangavongse, S., 1995. Land Use/Land Cover Change Detection in The Chiang Mai Area Using Landsat TM. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1995/ps4/ps4009a.shtml>. 03 Aralık 2006.
- Selik, C., 1993. Ormancılıkta Uzaktan Algılama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



- Sever, S. and Slavko, S., 2000. Forest Opening Issues in Croatia, <http://www.fao.org/docrep/x0622e/x0622e0o.htm>.
- Spellerberg, Ian, F., 1998. Ecological Effects of Roads and Traffic: A Literature Review, Blackwell Science Ltd., Global Ecology and Biogeography Letters, 7, 317-333.
- Şahin, Ş. ve Çabuk, A., 1998. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Çevresel Etki Değerlendirmesinde Kullanımı, GIS Uygulamaları Semineri, Ankara.
- Thongmanivong, S., 2002. Land Use Changes in the Upper Ca River Basin, Xiengkhuang Provinces, Lao PDR 1995-97: Effect of Roads and Rivers, [http://www.mekonginfo.org/mrc\\_en/doclib.nsf/0/87FE88C624F03E6B472568CD0015AC86/\\$FILE/9LS\\_Thongmanivong\\_Final.html](http://www.mekonginfo.org/mrc_en/doclib.nsf/0/87FE88C624F03E6B472568CD0015AC86/$FILE/9LS_Thongmanivong_Final.html).
- Topan, H., Maktav, D. ve Büyüksalih, G., 27-29 Kasım 2006. Uydu Görüntülerinin Bilgi İçeriğinin Topografik Harita Yapımı Açısından İncelenmesi, I. Uzaktan Algılama - CBS Çalıştay ve Paneli, İstanbul.
- Tunay, M., Ateşoğlu, A., Uzaktan Algılama Tekniği ve CBS Kullanılarak Bartın Çevresindeki Doğal Olmayan Değişikliklerin Belirlenmesi, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Ekim 2004, Bildiriler Kitabı, 435.
- Tunay, M. ve Melemez, K., 2004. Dik Eğimli Arazide Orman Yol İnşaatının Çevresel Etkileri, Ekoloji, 13: 52, 33-37.
- Tunay, M. ve Melemez, K., 2004. Zor Arazi Koşullarında Çevreye Duyarlı Orman Yolu İnşaatı Tekniğinin Değerlendirilmesi, İTÜ Dergisi, Seri D, Cilt:3, Sayı 2,3,4,5, ISSN 1303-703X.
- URL-1 <http://www.hatgis.com.tr>, 15 Mayıs 2007.
- URL-2 [http://www.mta.gov.tr/RSC\\_WEB/notlar.html](http://www.mta.gov.tr/RSC_WEB/notlar.html), 28 Haziran 2007.
- URL-3 <http://www.nik.com.tr/new/yazilimler/pdf/pdf.htm>, 09 Kasım 2007.
- URL-4 <http://www.nik.com.tr/new/yazilimler/uydular/quick.htm>, 05 Nisan 2008.
- URL-5 [http://www.nik.com.tr/new/uydugoruntu/spot\\_uydu\\_ozellikleri.htm](http://www.nik.com.tr/new/uydugoruntu/spot_uydu_ozellikleri.htm), 05 Nisan 2008.
- URL-6 <http://www.planetary.brown.edu/~elmore/newpage/lcluc.html>, 13 Haziran 2007.
- URL-7 <http://www.nik.com.tr/new/yazilimler/pdf/bolum3.pdf>, 30 Mayıs 2008.

Yıldırım, H., Özel, M., Ö. and Divan, N., J., 2002. Satellite Monitoring of Land Cover / Land Use Change Over 15 Years and its Impact on the Environment in Gebze / Kocaeli – Turkey, Turk Journal Agric. For., 26, 161-170.

Yılmaz, T., 2003. Islak Alanlarda Arazi Örtüsü Değişiminin Uzaktan Algılama Yardımı ile Saptanması, Mogan Gölü Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yomralıoğlu, T., 2002. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, ISBN: 975-97369-0-X, Trabzon.

## **7. EKLER**

Ek Tablo 1. Araziden 148 noktadan alınan ölçümlerde arazi sınıfı, arazi eğimi, dolgu mesafesi, dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini gösteren tablo

Nokta Numarası	Arazi Sınıfı	Arazi Eğimi	Dolgu Mesafesi (m)	Dolgu Materyalinin Yuvarlanma Mesafesi (m)
1	OT-Z	0,50	0	-
2	OT-Z	0,50	15	-
3	OT-Z	0,40	11	-
4	OT-Z	0,68	19	-
5	CB-S	0,75	24	-
6	OT-Z	0,85	22	-
7	CB-S	0,85	25	38
8	CB-S	0,85	28	-
9	CB-S	0,65	20	-
10	CB-S	0,75	29	-
11	CB-S	0,65	21	-
12	CB-S	0,70	25	-
13	CB-S	0,60	18	-
14	OT-Z	0,75	17	-
15	CB-S	0,60	16	-
16	CB-S	0,70	26	-
17	OT-Z	0,65	16	-
18	OT-Z	0,75	23	-
19	OT-Z	0,75	28	37
20	CB-S	0,70	24	36
21	CB-S	0,85	26	39
22	ORM	0,80	18	28
23	ORM	0,70	19	27
24	ORM	0,75	16	25
25	CB-S	0,35	8	10
26	CB-S	0,60	16	23
27	CB-S	0,75	26	40
28	CB-S	0,85	24	38
29	CB-S	0,75	29	41
30	CB-S	0,70	30	41
31	CB-S	0,80	32	42
32	ORM	0,40	5	6
33	CB-S	0,75	26	38
34	CB-S	0,80	24	40
35	OT-Z	0,60	35	39
36	OT-Z	0,50	23	30
37	CB-S	0,75	26	40
38	OT-Z	0,70	27	41
39	OT-Z	0,60	22	31
40	CB-S	0,60	19	29

Ek Tablo 1'in Devami

41	ORM	0,65	14	20
42	CB-S	0,65	20	29
43	CB-S	0,65	18	38
44	ORM	0,75	24	34
45	ORM	0,65	16	24
46	CB-S	0,65	23	35
47	ORM	0,55	14	20
48	CB-S	0,50	15	23
49	ORM	0,50	8	14
50	ORM	0,50	8	13
51	ORM	0,80	9	-
52	ORM	1,00	12	-
53	ORM	0,80	20	-
54	ORM	0,80	18	-
55	ORM	0,85	20	30
56	ORM	0,75	25	37
57	ORM	0,75	17	30
58	ORM	0,15	4	7
59	CB-S	0,50	13	20
60	CB-S	0,60	16	26
61	CB-S	0,65	20	30
62	CB-S	0,30	7	10
63	CB-S	0,65	25	32
64	ORM	0,35	5	6
65	OT-Z	0,75	22	43
66	OT-Z	0,70	29	45
67	OT-Z	0,60	24	38
68	OT-Z	0,70	26	50
69	OT-Z	0,65	18	27
70	OT-Z	0,55	16	22
71	OT-Z	0,55	17	24
72	OT-Z	0,60	20	31
73	OT-Z	0,70	25	38
74	OT-Z	0,70	28	40
75	OT-Z	0,65	18	27
76	OT-Z	0,70	16	24
77	OT-Z	0,60	22	31
78	OT-Z	0,65	18	35
79	OT-Z	0,65	24	35
80	OT-Z	0,90	30	45
81	OT-Z	0,60	19	29
82	OT-Z	0,65	18	27
83	OT-Z	0,65	21	32
84	OT-Z	0,75	30	41
85	OT-Z	0,80	32	41

Ek Tablo 1'in Devamı

86	OT-Z	0,75	32	39
87	OT-Z	0,70	25	44
88	OT-Z	0,75	30	43
89	OT-Z	0,75	30	44
90	CB-S	0,80	26	37
91	Z	0,05	5	7
92	OT-Z	0,50	12	20
93	Z	0,30	9	12
94	Z	0,30	7	10
95	Z	0,05	6	8
96	Z	0,05	6	9
97	CB-S	0,05	6	9
98	CB-S	0,10	6	7
99	CB-S	0,10	4	5
100	OT-Z	0,10	8	10
101	OT-Z	0,20	11	13
102	ORM	0,85	19	27
103	ORM	0,80	18	26
104	ORM	0,85	20	29
105	ORM	0,75	21	30
106	ORM	0,85	24	33
107	ORM	0,75	16	27
108	ORM	0,70	18	27
109	ORM	0,80	21	32
110	ORM	0,80	24	33
111	ORM	0,75	25	36
112	ORM	0,65	13	21
113	ORM	0,90	22	34
114	ORM	0,75	18	27
115	ORM	0,85	20	29
116	ORM	0,85	25	36
117	ORM	0,75	20	28
118	ORM	0,70	17	26
119	ORM	0,70	19	29
120	ORM	0,75	20	29
121	ORM	0,75	20	40
122	ORM	0,75	20	31
123	ORM	0,80	18	29
124	ORM	0,75	21	32
125	ORM	0,75	21	31
126	ORM	0,70	17	29
127	ORM	0,65	15	17
128	CB-S	0,60	20	31
129	ORM	0,80	23	35
130	CB-S	0,75	25	34

Ek Tablo 1'in Devami

131	CB-S	0,80	28	43
132	ORM	0,80	22	34
133	ORM	0,75	20	29
134	ORM	0,40	5	7
135	ORM	0,15	4	6
136	ORM	0,80	23	34
137	ORM	0,60	15	25
138	ORM	0,70	19	28
139	CB-S	0,55	11	20
140	CB-S	0,55	12	19
141	OT-Z	0,50	16	21
142	OT-Z	0,55	18	24
143	OT-Z	0,65	22	30
144	OT-Z	0,60	18	29
145	OT-Z	0,45	15	21
146	OT-Z	0,50	14	20
147	OT-Z	0,40	8	11
148	OT-Z	0,35	8	10

## ÖZGEÇMİŞ

Burak ARICAK 25.08.1977 yılında Edirne’de doğdu. İlk, orta öğrenimini İstanbul ve Burdur; lise öğrenimini Malatya ve Ankara’da tamamladı. 1994 yılında Ankara Ayrancı Lisesi’nden mezun oldu. 1995 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümüne kaydını yaptırdı. 1999 yılında aynı fakülteden Orman Mühendisi olarak mezun oldu. 2000 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından açılan yüksek lisans sınavını kazanarak Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 15 Mayıs 2000 yılında Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2002 yılı Mart ayında Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’ndan "Orman Yüksek Mühendisi" olarak mezun oldu. Aynı yıl içerisinde T.C. Yükseköğretim Kurumu’nun 35. maddesi uyarınca kadro aktarımı yapılarak KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde yer alan Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü’nde çalışmaya başladı. 2002 yılında KTÜ Yabancı Diller bölümünde bir yıl süre ile hazırlık okudu. 2003 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora eğitimine başladı.

2006 yılı bahar döneminde ERASMUS programı kapsamında 6 ay süre ile Avusturya / Viyana’da Bodenkultur Üniversitesi’nde (BOKU) çalışmalarda bulundu. Ayrıca Japonya, Polonya ve Avusturya’daki bilimsel toplantılarda sözlü bildirimler sundu.

İngilizce bilen Burak ARICAK evli olup halen KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.