

Orman Yolu İnşaatlarında Dolgu ve İnşaat Etki Alanlarının QuickBird Uydu Görüntüsü Kullanarak Modellenmesi

*Burak ARICAK¹, H. Hulusi ACAR²

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Müh. Bölümü, Kastamonu
²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Müh. Bölümü, Trabzon
*Sorumlu yazar: baricak@kastamonu.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.09.2008

Özet

Yapılan çalışmayla, orman yolu planlama aşamasında; yolun geçeceği araziye ait bilgilerin uzaktan algılama verileri ile elde edilip, oluşturulacak CBS veritabanında sorgulanarak, yol inşaatından olumsuz etkilenecek alanları önceden belirlemek ve buna göre doğaya dost orman yol planlamasını gerçekleştirebilmek amaçlanmıştır.

Geliştirilen model yardımıyla ve uydu görüntülerinin yol planlamasında kullanılmasıyla gelecekte yapılacak orman yolları için dolgu materyalinin yuvarlanması sonucu oluşan inşaat etki alanı ve yolun dolgu alanı daha planlanma aşamasında önceden belirlenmiş olacaktır. Orman yolları planlama aşamasında alansal tahribatın kabul edilebilir limitten fazla olması halinde geçki değişikliği yapılabilme şansı da elde edilecektir. 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 inşaat etki alanı, Coğrafi bilgi sistemleri, Uzaktan algılama, Çevresel etki

The Modeling of Filling and Construction Impact Areas in Building Forest Roads by Using QuickBird Satellite Image

Abstract

This study aims to plan environmentally friendly forest roads in the planning stage of a forest road by predetermining the areas impacted by road construction by generating terrain characteristics of road alignment using remotely sensed data and by investigating these data at GIS database.

With the help of the model developed in this study and using satellite images in road planning 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 of the future forest roads. In a case where impact area exceeds the acceptable limit alignment changes will be able to be applied in the planning stage of forest roads. Therefore, using remotely sensed data in forest road planning will minimize area lost of forest as a live ecosystem and environmental damage.

Key Words: Planning of forest road, Filling and constructions impact areas, Geographical information systems, Remote sensing, Environmental impact

Giriş

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). 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 görevleri en önemli alt yapı olan orman yolları üzerinde gerçekleştirilir. Orman yollarının çevresel ve ekonomik koşullar dikkate alınarak rasyonel bir şekilde planlanması, günümüz orman işletmeciliği açısından bir zorunluluktur.

Türkiye ormanlarının toplam orman yolu ihtiyacı genel ormancılık amaçlarına göre 210 000 km'dir. 2007 yılı sonu itibariyle orman içerisinden 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 alınırca, 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.

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 olmak üzere teknik, ekonomik ve peyzaj açısından olumsuz sonuçlar doğurur. 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 (Arıcaç 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, sorgulanma ve

değerlendirilebilme imkanı bulunmaktadır. Böylelikle orman yol ağı planları ve orman yolu geçkileri kısa sürede, düşük maliyetle ve çevreye dost bir yaklaşımla oluşturulabilir. Ormancılık kuruluşları kamuoyunun kabul edebileceği, çevreye en az zararı verecek yeni orman yollarını planlamak ve yapmak durumundadır (Heinimann, 1998).

Orman yollarında dolgu ve inşaat etki Alanı

Spellerberg (1998)'e 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. Ormanlık bir alanda 1 km yeni yol yapılması ile ortalama 0,6 - 1,0 ha ormanlık alan direk açılır ve meşçere yaşına göre 400 - 3.500 adet ağaç kesilir (OGM, 1984). Kazılan materyalin yamaç aşağıya akması sonucu ağaçlarda kırılma, yaralanma ile tahribat oluşur ve zararlı böceklerle davetiye çıkarılır. Yamaçlarda destek doku kırılarak heyelanlara neden olunur. Rüzgar koridorları oluşturarak kırılma ve devrilmeler artar, 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 giderleriyle 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).

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). 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).

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.

Yapılan çalışma kapsamında yol inşaat çalışması ile meydana gelecek alansal tahribat ve tahribatın etki mesafesinin önceden tespiti yapılacaktır. Yol inşaatı sırasında yolun aşağı tarafına itilen materyalin biriktiği dolgu mesafesi ve dolgu alanı dışında kalan materyalin yuvarlanma mesafesinin önceden tespiti için bir yöntem geliştirilmiştir. 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 ortaya konulmuştur. Hedeflenen amaca ulaşacak bir modelin oluşturulması için geçki etüdü yapılmış olan bir orman yolunun yapımından önce alınan görüntü ile inşaat sonrası yersel yöntemlerle toplanan verilerin karşılıklı değerlendirilmesi 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. 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.

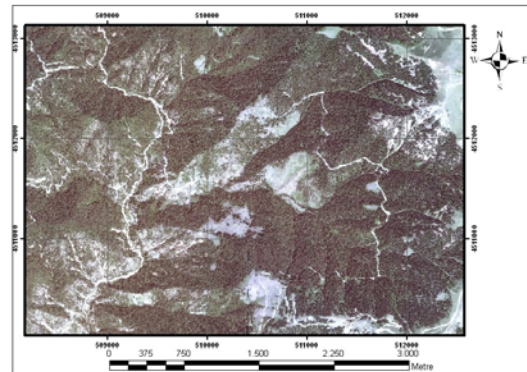
Materyal ve Metot

Çalışma alanı olarak Gümüşhane İli, Kürtün İlçesinde bulunan 3+081 km uzunluğundaki 126 Kod nolu orman yolu seçilmiştir. Yolun inşaatı 2005 Eylül ayında başlamış ve 2006 yılı Ağustos ayında tamamlanmıştır. Yol geçkisi orman içi açıklıklardan, kapalılığı düşük meşcerelerden ve kapalılıkları yüksek yoğun orman alanlarından geçmektedir. Şekil 1'de yolun başlangıç noktasına ait bir resim görülmektedir.



Şekil 1. 126 kod nolu yoldan bir görünüm

Orman yol inşaatı alanları metre hassasiyetinde hesap gerektirdiğinden yüksek çözünürlüklü (0,61 m) QuickBird uydu görüntüsü veri kaynağı olarak seçilmiştir. 126 Kod nolu orman yolu inşaatından önce alınan 05.08.2005 tarihli QuickBird uydu görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.

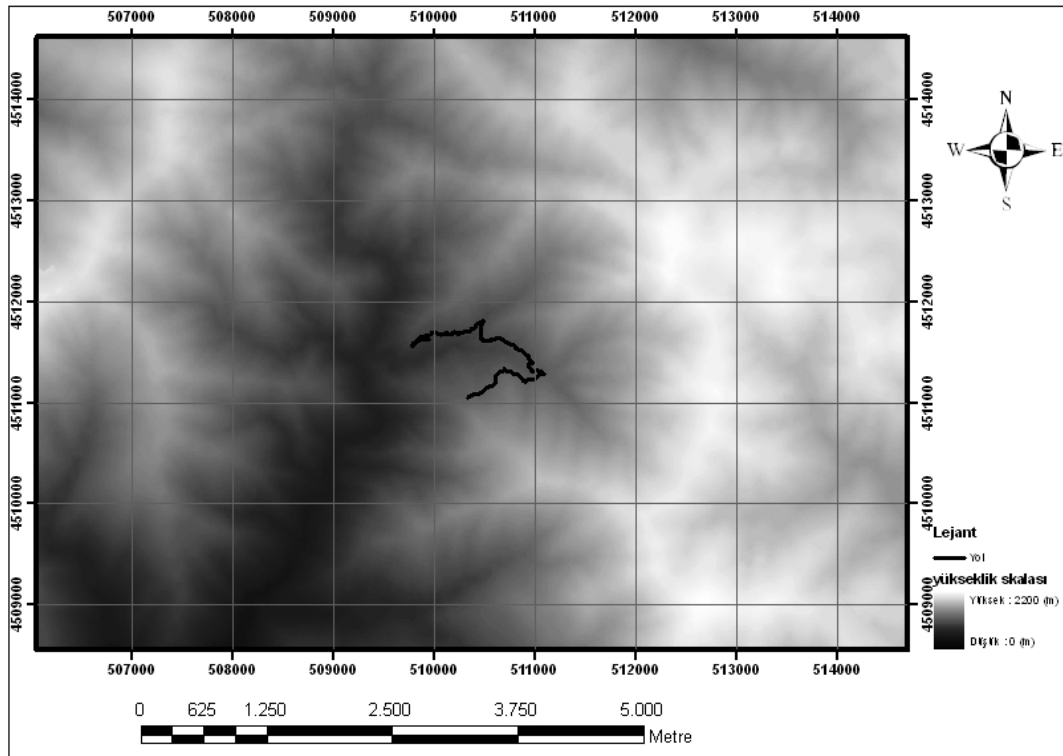


Şekil 2. Çalışma alanına ait 05.08.2005 tarihli QuickBird uydu görüntüsü

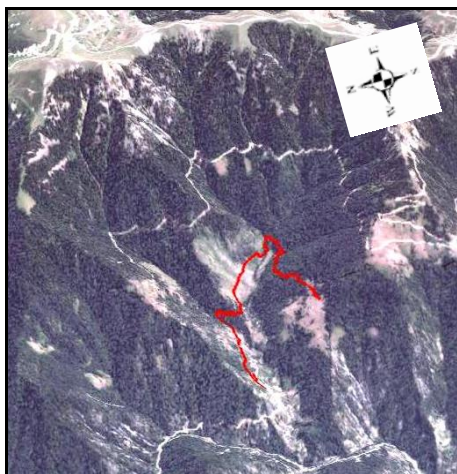
Uydu görüntüsünün koordinatlandırılması için arazide kontrol noktası olabilecek yol ayırımı, ev, köprü gibi sabit noktalar seçilmiştir. Bu noktalardan gerekli konumsal ve öznitelik verileri GPS yardımıyla alınmıştır. Uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri ERDAS 9.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma alanı sınırlarını içeren standart topografik haritalar Trabzon G42-a4,

Trabzon G42-a3, Trabzon G42-d2, Trabzon G42-d1 paftalarıdır. Arazinin topografik yapısını belirlemek için 3 boyutlu sayısal arazi modeli (SAM), araziye ait memleket haritalarındaki eşyüksele eğrilerinin ArcMap 9.2 yazılımı ile sayısallaştırılması sonucu oluşturulmuştur. Oluşturulan SAM ve yol geçkisi Şekil 3'de gösterilmiştir. SAM üzerine giydirilen QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi ise Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanının sayısal arazi modeli ve yol geçkisi



Şekil 4. SAM üzerinde QuickBird görüntüsü ve yol geçkisi

Orman yolu inşaatı tamamlandıktan sonra Şekil 5'de gösterilen tüm ölçümler yol enkesiti üzerinde yaklaşık 20 m aralıklarla yapılmış ve alınan bu veriler önceden hazırlanan arazi karnesine kaydedilmiştir. Ölçüm yapılan toplam nokta sayısı 148'dir.

Ayrıca, oluşturulan modelin kontrolünde kullanılmak üzere belirlenen her bir arazi sınıfı (OT-Z, CB-S, ORM) için yolun rastgele noktalarından 35'er adet veri alınmıştır. Bu kontrol noktalarında arazi eğim değeri (%), dolgu şevi uzunluğu (m) ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi (m) ölçülerek kaydedilmiştir.

Araziden yersel yöntemlerle alınan verilerin birbirleriyle olan ilişkileri SPSS 13.0 istatistiksel paket programı ile 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. 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 çarpımından dolgu alanı ve dolgu materyalinin yuvarlanma alanı tespit

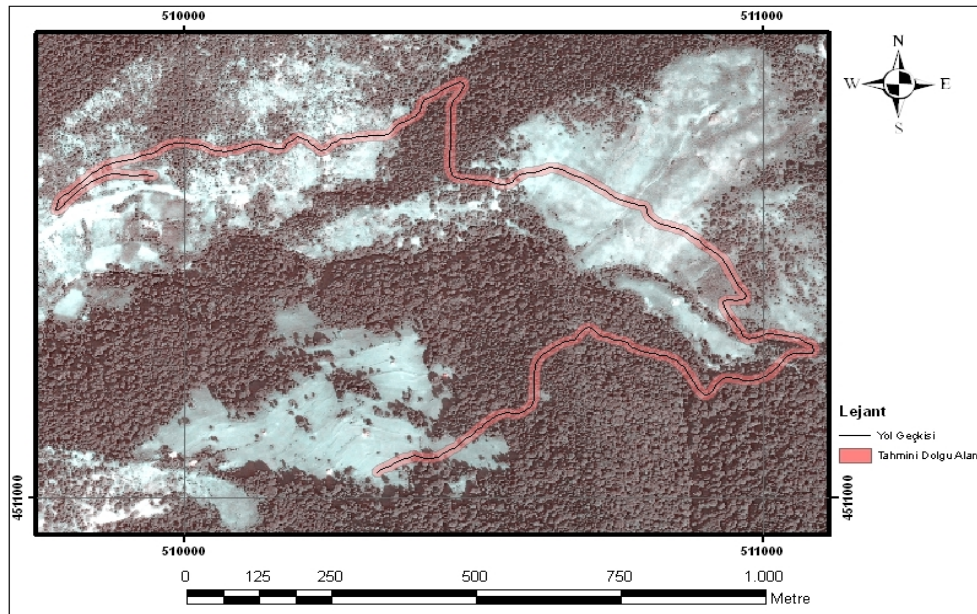
edilmiştir. Bu hesaplamalar arazi sınıflandırılması yapılmış yol geçkisinin veri tablosu üzerinde QuickBird görüntüsünden gerçekleştirilmiştir.

Tespit edilen dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi ayrı ayrı ArcMap 9.2 yazılımında tampon alan olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini gösteren alanlar hesaplanıp değerlendirilmiştir.

Araziden elde edilen verilerle ve oluşturulan regresyon denklemlerinin kullanılmasıyla hesaplanan dolgu alanı verileri karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bir orman yolu planı hazırlanırken yol geçkisine dik 10 m kazı ve 10 m yamaç tarafında toplam 20 m'lik alan yolun inşaat alanı olarak kabul edilir. Bu tampon bölge dikkate alınarak hesaplanan alan, yol inşaatı öncesindeki “tahmini inşaat alanı”nı oluşturmaktadır. Çalışılan yol için tahmini inşaat alanı 60.894,5 m² olarak hesaplanmış ve QuickBird görüntüsü üzerinde gösterilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. QuickBird görüntüsü üzerinde yolun tahmini inşaat alanı

Araziden yersel yöntemlerle alınan veriler kullanılarak yapılan istatistiksel analizler

sonucunda 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 belirlenmesinde tüm arazi sınıfları için

$$y=e (b_0+b_1X)$$

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

şeklindeki üssel denklem başarılı bulunmuştur. Bu eşitlikte y dolgu mesafesi (m), x arazi eğimi (%) dir. Her bir arazi sınıfı için tahmin edilen denklem parametreleri, bu denklemlere ilişkin belirtme katsayısı (R^2) değerleri ve p değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Dolgu mesafesi denklemi R^2 ve katsayıları tablosu

DM	R^2	b_0	b_1	p
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

DM: Dolgu mesafesi

Yine 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

$$y=e (b_0+b_1X)$$

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

şeklindeki üssel denklem başarılı bulunmuştur. Bu eşitlikte y dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi, x arazi eğimidir. Her bir arazi sınıfına ilişkin belirtme katsayısı (R^2) değerleri ve p değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

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

YM	R^2	b_0	b_1	p
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

YM: Yuvarlanma mesafesi

Elde edilen denklem ve katsayılar göre bir orman yolu geçkisine ait dolgu mesafesini ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesini arazi sınıfına göre veren denklemler Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Dolgu mesafesi ve yuvarlanma mesafesi hesaplanmasında kullanılacak denklemler

Arazi Sınıfı	Dolgu Mesafesi	Yuvarlanma Mesafesi
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	$\ln Y_{ORM}=1,046+2,434x$ ($R^2=0,726$)	$\ln Y_{ORM}=1,249+2,776x$ ($R^2=0,841$)

Tablo 4. 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
10	6,47	8,40	5,26	7,12	3,63	4,60
20	8,00	10,71	6,67	9,18	4,63	6,08
30	9,89	13,65	8,47	11,84	5,91	8,02
40	12,23	17,40	10,75	15,28	7,54	10,58
50	15,13	22,19	13,64	19,71	9,61	13,97
60	18,71	28,29	17,31	25,42	12,26	18,44
70	23,13	36,06	21,97	32,79	15,64	24,34
80	28,60	45,98	27,89	42,30	19,95	32,13
90	35,36	58,62	35,40	54,57	25,45	42,41
100	43,73	74,74	44,93	70,39	32,46	55,98

Her bir arazi sınıfı için arazi eğim değerlerine göre elde edilen denklemlerle hesaplanan dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4’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 daha 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 daha fazla olmaktadır. Aynı arazi eğim değerine sahip alanlarda orman örtüsünün kapalılığı arttıkça dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesi 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 tutması nedeniyle dolgu mesafesinin ve dolgu materyalinin yuvarlanma mesafesinin azaldığını göstermektedir.

Regresyon modelinin oluşturulmasında kullanılan verilerden bağımsız olarak alınan kontrol verileri yardımıyla, her bir arazi sınıfı için oluşturulan dolgu ve yuvarlanma mesafelerine ilişkin regresyon modelleri, “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.

Koordinatlandırılan QuickBird uydu görüntüsü kontrollü sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Görüntü, belirlenen 4 ayrı arazi sınıfına göre (OT, Z, CB-S ve ORM) kontrollü olarak sınıflandırılmıştır. Böylece yol yapımından önceki görüntünün arazi sınıflandırması yapılmıştır. OT ve Z alanlarının her ikisi de açıklık alan olması dolayısıyla inşaat sonucu oluşan dolgu materyalini tutacak bitki örtüsünün olmayışı 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 alanları doğruluk oranının düşük çıkması nedeninin, Z alanlarına ait spektral değerlerin özellikle OT alanlarının spektral değerleri ile karışmasından kaynaklandığı şeklinde tespit edilmiştir. Z ve OT alanlarının OT-Z olarak aynı arazi sınıfında bulunması bu olumsuz durumu da ortadan kaldırmıştır. Analiz sonucunda ayrıntılı sınıflandırma doğruluk oranı % 83,33 olarak bulunmuştur. Tablo

5’de sınıflandırma sonucunda oluşan hata matris değerleri, Tablo 6’da sınıflandırma sonucunda oluşan üretici ve kullanıcı doğruluk oranları verilmiştir.

Tablo 5. 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
TOPLAM	36	14	38	32	120

Tablo 6. Sınıflandırma sonucunda oluşan üretici ve kullanıcı doğruluk oranları

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

Ayrıntılı sınıflandırma doğruluk oranı (Overall classification accuracy) $(28 + 14 + 28 + 30) / 120 = \% 83,33$

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 tabanındaki veriler Tablo 7’de gösterilmiştir. 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 üç formülün Grid Code değerlerine göre uygun olanının seçilerek kullanılmasıyla hesaplanan dolgu

materyalinin metre biriminden yuvarlanma mesafesidir.

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

Tablo 7. 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 ²)	Yuvarlanma Mesafesi (m)	Yuvarlanma Alanı (m ²)
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
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
TOPLAM		3.081,231				60.752,933		100.423,219

126 Kod nolu orman yolunda dolgu materyalinin bulunduğu toplam alan veritabanından 60.752,9 m² olarak hesaplanmıştır. Dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alan değeri ise 100.423,2 m² 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 platform alanı bu yolun uzunluğu ile B tipi standart orman yolu genişliği olan 4 m ile

çarpılmasıyla 12.331,6 m² bulunmuştur. Yolun inşaat alanını hesaplamak için yol platform alanı ile dolgu materyalinin kapladığı alan toplanmıştır. Böylece uydu görüntüsü verisinden elde edilmiş alanın arazi sınıfı haritası ve orman yolu geçkisinin birleştirilmesiyle elde edilen veritabanına göre 126 Kod nolu orman yolunun inşaat alanı 73.084,5 m² olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8'de araziden elde edilen verilerle hesaplanan inşaat alanı, 20 m olarak kabul edilmiş tahmini inşaat alan ve geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanının dökümü ile gerçek inşaat alanına göre sapma oranları verilmiştir.

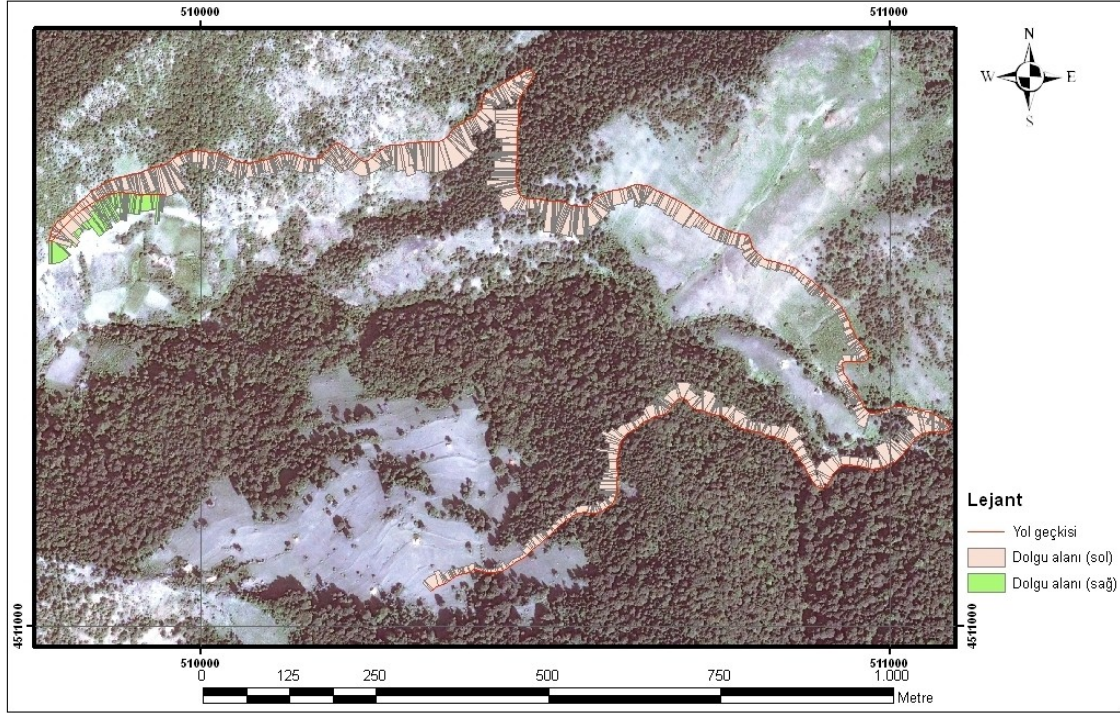
Tablo 8. Gerçek, tahmini ve model ile tespit edilmiş inşaat alanları ile sapma oranları

	Inşaat Alanı (m ²)	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
Geliştirilen model ile hesaplanan inşaat alanı	73.084,5	-2,72

Tablo 8'e göre 20 m olarak kabul edilmiş tahmini inşaat alanının gerçek inşaat alanından %18,95 daha az olduğu; geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanının da gerçek inşaat alanından %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 model yardımıyla hesaplanan dolgu alanı QuickBird görüntüsü üzerinde gösterilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Dolgu alanı ve yol geçkisinin QuickBird görüntüsü üzerindeki konumu

Tablo 9'da araziden elde edilen verilerle hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanma alanı ve geliştirilen model yardımıyla hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanma

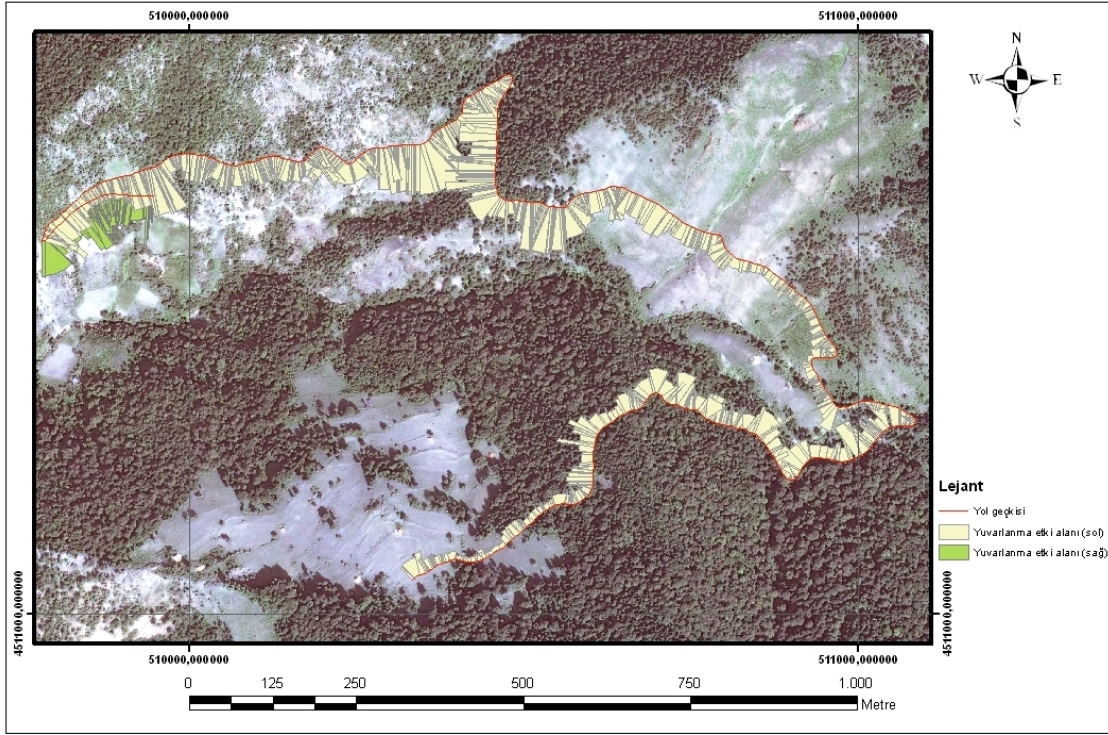
alanının dökümü ile gerçek dolgu materyalinin yuvarlanma alanına göre sapma oranları verilmiştir.

Tablo 9. Gerçek ve model ile tespit edilmiş dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanlar ile sapma oranları

Hesaplanan Dolgu Materyalinin Yuvarlanarak Etki Ettiği Alanlar	Alan (m ²)	Gerçek Alana Göre Sapma Miktarı (%)
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 9'a göre geliştirilen model yardımıyla hesaplanan inşaat alanının gerçek inşaat alanından +% 5,45 oranındaki sapma miktarıyla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Geliştirilen veri tabanındaki verilerle yol geçkisine ArcMap 9.2 yazılımı 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 9'da dolgu materyalinin yuvarlanma alanı QuickBird görüntüsü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 9. Dolgu materyalinin yuvarlanma alanı ve yol geçisinin QuickBird üzerindeki konumu

Sonuçlar

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.

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.

126 Kod nolu orman yolundan arazi çalışmaları ile elde edilen veriler kullanılarak ve 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. Yapılan 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 % 10'luk arazi eğim değeri için, dolgu mesafesi ve dolgu materyalinin yuvarlanarak etki edeceği mesafeyi veren altlık bir tablo (Tablo 6) hazırlanmıştır.

Bu araştırma metodolojisi kullanılarak yol yapımından önce, araziye çıkmadan ve 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 m² olarak hesaplanmıştır. Arazi ölçüleriyle hesaplanan yolun gerçek dolgu alanı ise 58.191,0 m² 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 m² olarak hesaplanmıştır. Arazi ölçüleriyle hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanarak

etki ettiği alan ise 95.236,16 m² olarak hesaplanmıştır. Model yardımıyla hesaplanan dolgu materyalinin yuvarlanarak etki ettiği alanın sapma oranı +% 5,45 olarak tespit edilmiştir.

Bu yöntem yardımıyla uydu görüntüleri kullanılarak ileride yapılacak olan orman yolları 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 planlama 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 (Arıcak, 2008).

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 en az düzeyde tutulması ormanın geleceği açısından çok önemlidir.

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 yol inşaatının çevreye vereceği zararı en az düzeyde tutmamıza yardımcı olacaktır. Bu yöntem 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.

Kaynaklar

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., Ünver S. 2004. Odun Hammaddesi Üretiminde Teknik ve Çevresel Açıldan Zararların Tespiti ile Çözüm Önerileri. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 2002-2003-2004, Vol. I-II, 165-173.

Arıcak B., Acar H. H. 2005. A Method Study Which is Forest Road Construction Environmental Damages Evaluation by Remote Sensing and GIS. International Scientific Conference "Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management (15-18 June 2005), 113-117, Krakow / Poland.

Arıcak B. 2008. Orman Yolu İnşaatında Dolgu ve İnşaat Etki Alanlarının Uzaktan Algılama Verileri ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

DPT 2001. Ormancılık Özel İhtisas Raporu, Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı. Yayın No 2531 - ÖİK 547, Ankara 2001.

Hayrinen T. 2007. Forest Road Planning and Landscaping, <http://www.fao.org/docrep/x0622e/x0622e05.htm>

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.

OGM 1984. İnşaat Dairesi Başkanlığı, 202 Sayılı Tebliğ Orman Yollarının Planlanması ve İnşaat İşlerinin Yürütülmesi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

OGM 2008. İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Etüd Proje Şube Müdürü Nurettin Altaş ile yapılan görüşme (Mayıs 2008).

Öztürk T., Ayberk H. 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Orman Yol Yapımının Ormanların Korunması Açısından Değerlendirilmesi. Ladin Sempozyumu (20-22 Ekim), Bildiriler Kitabı, II. Cilt, 809. Trabzon.

Sever S., 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.

Tunay M., Melemez K. 2004. Dik Eğimli Arazide Orman Yol İnşaatının Çevresel Etkileri. Ekoloji, 13: 52, 33-37.