

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ODUN HAMMADDESİ BÖLMEDE ÇIKARMA YÖNTEMİNİN
TAHMİNİNDE KARAR AĞAÇLARI MODELİNİN KULLANILMASI

DOKTORA TEZİ

Mustafa ACAR

ARALIK 2023
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ODUN HAMMADDESİ BÖLMEYEN ÇIKARMA YÖNTEMİNİN
TAHMİNİNDE KARAR AĞAÇLARI MODELİNİN KULLANILMASI

Mustafa ACAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04/12/2023

Tezin Savunma Tarihi : 27/12/2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

“Odun Hammaddesi Bölmeden Çıkarma Yönteminin Tahmininde Karar Ağaçları Modelinin Kullanılması” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, tez konusu seçiminde, çalışma planının oluşturulmasında, konunun kavranmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde zaman ve mekân ayırımı gözetmeksizin bir telefon uzağında olan, her an desteğini hissettiğim, akademisyenlik konusunda kendime model olarak seçtiğim çok kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’e şükranlarımı sunarım.

İhtiyaç duyduğum konularda ve zamanlarda değerli görüş ve fikirleri ile beni aydınlatan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Erhan ÇALIŞKAN, Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞEVİK, Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER, Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK, Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY, Doç. Dr. Saliha ÜNVER ve Dr. Öğr. Üyesi Tuna EMİR’e en kalbi duygularıyla teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince gerek tez işlemleri ve gerekse motive edici sohbetleri için sevgili meslektaşlarım Arş. Gör. Taha Yasin HATAY, Arş. Gör. Rahmi YILMAZ ve Öğr. Gör. Özgür ÖNAL’a, arazi çalışmalarım için yardımlarını esirgemeyen Artvin Orman İşletme Müdürlüğü personeline şükranlarımı sunarım.

Benim var olma nedenlerim olan başta babam Erşan ACAR ve annem Hikmet ACAR olmak üzere ablam Gülsüme ŞEKERCİ’ye her an sorgusuz sualsiz bana duydukları güven ve destekleri için ayrı ayrı teşekkür ederim.

Doktora sürecine başladığım günden bu yana desteğini hiç bırakmayan, zorlu zamanlarımda bana olan inancıyla beni motive eden, benimle bu süreci baştan sona yaşayan sevgili eşim ve meslektaşım Artvin Orman İşletme Müdürlüğü Kadastro ve Mülkiyet Şefi Orman Yüksek Mühendisi Ayşe ACAR’a ve bizi güzel bir aile yapan kızım Hiranur ACAR ve oğlum Yusuf Emir ACAR’a sonsuz minnetlerimi sunarım.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılık çalışmalarına ve bilim camiasına faydalı olmasını temenni ederim.

Mustafa ACAR

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Odun Hammaddesi Bölmeden Çıkarma Yönteminin Tahmininde Karar Ağaçları Modelinin Kullanılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’ ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/12/2023

Mustafa ACAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Ormancılıkta Bölmeden Çıkarma.....	2
1.2. Bölmeden Çıkarmayı Etkileyen Unsurlar	3
1.2.1. Eğitim	3
1.2.2. Taşıma/Sürütme Mesafesi.....	4
1.2.3. Arazideki Engebelilik	5
1.2.4. Diğer Unsurlar.....	5
1.3. Bölmeden Çıkarma Yöntemleri.....	5
1.3.1. İnsan Gücü ile Bölmeden Çıkarma	6
1.3.2. Makine Gücü ile Bölmeden Çıkarma.....	8
1.3.3. Transport Tesisleri ile Bölmeden Çıkarma	15
1.4. Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Ekonomik Değerlendirilmesi.....	16
1.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılıkta Kullanılması.....	19
1.6. Yapay Zeka Tekniklerinin Ormancılıkta Kullanılması	20
1.6.1. Karar Ağaçları Yönteminin Ormancılıkta Kullanılması	24
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	25
2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması	25
2.2. Araştırmanın Planlanması	25
2.3. Materyal.....	26
2.3.1. Araştırma Alanlarının Tanımı	26
2.3.2. Araştırmada Kullanılan Ekipman ve Formlar	31
2.3.3. Kullanılan Yazılım ve Donanımlar	32

2.3.4.	Mobil Uygulamada Kullanılan Veriler	32
2.4.	Yöntem	36
2.4.1.	Arazi Çalışmaları Öncesi Hazırlıkların Yapılması	38
2.4.2.	Veri Setini Oluşturacak Bilgilerin Arazi Çalışmaları ile Toplanması.....	39
2.4.3.	Veri Tabanının Oluşturulması.....	40
2.4.4.	RapidMiner Programı ile Karar Ağacı Oluşturulması	40
2.4.5.	Modelin Başarısını Ölçmek İçin Kontrol Arazilerinin Belirlenmesi	43
2.4.6.	Kontrol Arazilerine Ait Ön Verilerin Planlar ve CBS Kullanılarak Toplanması.....	44
2.5.	Kontrol Arazilerindeki Çalışmalara Ait Verilerin Elde Edilmesi	45
2.5.1.	Planlı Arazilerde Verilerin Toplanması	46
2.5.2.	Plan Yapılmamış Arazilerde Verilerin Toplanması.....	46
2.6.	Plana Göre Modelin Başarısının Belirlenmesi	46
2.6.1.	Ekonomik Değerlendirme	47
2.6.2.	Zamansal Değerlendirme	47
2.7.	Mobil Uygulama.....	49
3.	BULGULAR.....	53
3.1.	Araştırma Alanlarına İlişkin Bulgular	53
3.2.	Araştırma Alanlarındaki Yol Ağlarına İlişkin Bulgular.....	60
3.3.	İlk Arazi Verilerine İlişkin Bulgular	65
3.4.	Oluşturulan Veri Tabanına İlişkin Bulgular	65
3.5.	Karar Ağacına İlişkin Bulgular	66
3.6.	Kontrol Arazilerinin Belirlenmesine İlişkin Bulgular.....	72
3.7.	Kontrol Arazilerine Ait Bulgular	74
3.7.1.	Planlı Arazilere İlişkin Bulgular	77
3.7.2.	Plan Yapılmamış Arazilere İlişkin Bulgular	78
3.8.	Uygulanan Modelin Başarısına İlişkin Bulgular	79
3.8.1.	Ekonomik Bakımdan.....	79
3.8.2.	Zamansal Bakımdan.....	80
3.9.	Geliştirilen Mobil Uygulamaya İlişkin Bulgular.....	80
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ	82
5.	ÖNERİLER.....	87
6.	KAYNAKLAR	89

7. EKLER.....	98
ÖZGEÇMİŞ	



Doktora Tezi

ÖZET

ODUN HAMMADDESİ BÖLME DEN ÇIKARMA YÖNTEMİNİN TAHMİNİNDE KARAR AĞAÇLARI MODELİNİN KULLANILMASI

Mustafa ACAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ
2023, 150 Sayfa, 37 Sayfa Ek

Ormancılıkta bölmeden çıkarma (BÇ), ormanların sürdürülebilir yönetilebilmesi için gerekli, zor, tehlikeli ve maliyetli bir işlemdir. Değişken arazi koşullarının olduğu ülkemiz dağlık orman alanlarında yöntemle karar vermede uzman kişilere veya uzman sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay zekâ (YZ) ile bu işlemler kolay hale gelebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, doğaya açık orman alanlarının değişken koşullarını dikkate alarak en uygun bölmeden çıkarma yöntemini belirlemek, belirlenen yöntemle göre işin süresini ve üretim maliyetlerini tahmin edecek bir yapay zekâ sistemi geliştirmektir.

Mekanizasyon bakımından ülkemizin en zengin müdürlüklerinden biri olan Artvin’de yapılmış çalışmalardan elde edilen günlük üretim ($m^3/gün$) verileri, uzman görüşleri ile birlikte oluşan veri seti, RapidMiner Programında karar ağacı (KA) için eğitim ve test verisi olarak kullanılmıştır. BÇ’nin değerlendirilmesinde sürütme mesafesi, arazi eğimi, taşıma/sürütme yönü, arazi engeli, diri örtü, zemin durumu ve çıkarılacak ürün miktarı dikkate alınmıştır. BÇ yöntemini tahmin etme başarısının %94,60 olduğu model ile 2023 yılı üretim çalışmalarında planlama yapılmış ve planlama yapılmamış 6 benzer arazi çifti üzerinde kontroller yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda modelin BÇ yöntemini tahmin etme başarısı %100 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, Karar ağacı, Makine öğrenmesi, Bölmeden çıkarma, Planlama

PhD. Thesis

SUMMARY

UTILIZING DECISION TREE MODELS FOR ESTIMATING WOOD EXTRACTION METHODS

Mustafa ACAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineer Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ
2023, 150 Pages, 37 Pages Appendix

Wood extraction (WE) in forestry is a difficult, dangerous and costly process necessary for the sustainable management of forests. Experts or expert systems are needed to decide on the method in the mountainous forest areas of our country where there are variable terrain conditions. These processes can become easier with artificial intelligence (AI).

The aim of this study is to determine the most suitable extraction method by considering the variable conditions of forest areas, and to develop an AI system to estimate the duration of the work and production costs according to the determined method.

The daily production (m^3/day) data obtained from the studies conducted in Artvin, one of the richest directorates of our country in terms of mechanization, and the data set formed with expert opinions were used as training and test data for the decision tree (DT) in RapidMiner Program. skidding distance, slope of the terrain, direction of transportation/skidding, terrain obstacle, weed, soil condition and the amount of product to be extracted were taken into consideration in the evaluation of the WE. With the model, which has 94,60% success in predicting the WE method, controls were carried out on 6 similar land pairs with and without planning in the production studies of 2023. As a result of the studies, the success of the model in predicting the WE method was determined as 100%.

Key Words: Artificial intelligence, Decision tree, Machine learning, Extraction, Planning,

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Bölmeden Çıkarmaya Göre Yamaç Uzunluğu (Acar, 2004)	4
Şekil 2. İnsan Gücü ile Kontrolsüz Kaydırma ile BÇ (Foto: M. Acar 07.09.2022)	6
Şekil 3. Manivela ile Tomrukların Kaydırılması (Foto: M. Acar 07.09.2022)	7
Şekil 4. Artvin Vinci Kullanılarak Kablo Çekimi ile BÇ (Foto: M. Acar 18.08.2022)	8
Şekil 5. Sürütme Mesafesi ve Parça Sayısına Göre Verimin Değişimi (Acar, 2004)	9
Şekil 6. MB Trac 900 Orman Traktörü (Foto: M. Acar 22.06.2021)	10
Şekil 7. A: Tajfun MOZ 350 GR Mobil Hava Hattı, B: Vagon, C: Kule ve Anten (Foto: M. Acar 20.08.2022)	12
Şekil 8. Urus MIII Hava Hattı (Foto: M. Acar 11.08.2022)	14
Şekil 9. A: Tomruğun Yukarıdan Aşağı Taşınması, B: Tomruğun Boşaltma Yerine İnmesi, C: Aşağı İstasyon Gergi Ağacı (Foto: M. Acar 22.08.2022)	14
Şekil 10. Taşınabilir El Vinci, Sabitleme ve Yönlendirme Halatları ve Çekme Halatı (Akay vd., 2023)	15
Şekil 11. Plastik Oluk Sistemi ile BÇ (Acar, 2015)	16
Şekil 12. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü Çalışma Alanları	26
Şekil 13. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Ekipman	31
Şekil 14. Arazi Etüt Karnesi	38
Şekil 15. Örnek Alan Veri Tablosunun Oluşturulması	39
Şekil 16. CSV Uzantılı Örnek Verilerin Türlerinin Girilmesi	41
Şekil 17. Veri Setinde BÇ Yönteminin Olduğu Sütunun "label" Olarak Girilmesi	41
Şekil 18. Eğitim/Test Verilerinin Dağılımı	42
Şekil 19. Cross Validation İçerisinde Kullanılan Modüller	42
Şekil 20. Karar Ağacı Kriter Seçimi	43
Şekil 21. 2023 Yılında Üretim Çalışmaları Yapılan Bölmeler	45
Şekil 22. Kontrol Arazilerine Ait Ön Veriler İçin Arazi Modeli (Artvin OİŞ)	45
Şekil 23. Uygulamanın Açılış Ekranı	49
Şekil 24. Android Studio Geliştirme Ortamı	50
Şekil 25. XML Tasarım Ana Ekranı	50
Şekil 26. a- Arazi Verilerinin XML'e Girilmesi b- Maliyet Hesaplanmasındaki Değerler	51

Şekil 27. Taşıma/Sürütme Mesafesine Göre Ortalama Verim Değerlerinin Girildiği Ekran	51
Şekil 28. Karar Ağacı Verilerinin JAVA Ekranına Girişi	52
Şekil 29. JAVA'da Verileri Alan Fonksiyon	52
Şekil 30. Artvin OİM Ekonomik İşletme Sınıfları	53
Şekil 31. Ekonomik Fonksiyonlu Alanların Sayısal Yükseklik Modeli.....	54
Şekil 32. Information Gain Kriterinin Performans Tablosu	66
Şekil 33. Konfüzyon Matrisi (Coşkun vd., 2021)	67
Şekil 34. Modelin Sınıf Ağırlıkları.....	68
Şekil 35. Veri Setine Ait Karar Ağacı	69
Şekil 36. Modele Göre 122,50 m'den Büyük Olan Alanlar İçin Karar Ağacı Yapısı	70
Şekil 37. Karar Ağacının 122,50 m'den Büyük Olan için Liste Görünümü.....	71
Şekil 38. Modele Göre 122,50 m ya da Kısa Olan Alanlar İçin Karar Ağacı Yapısı.....	72
Şekil 39. Karar Ağacının 122,50 m ya da Kısa Olan Alanlar İçin Liste Görünümü.....	72
Şekil 40. Çalışma Alanlarındaki Yol Ağırları, Sürütme Mesafesi ve BÇ Yönü.....	74
Şekil 41. Kontrol Arazi Çiftleri (1, 2 ve 3).....	76
Şekil 42. Kontrol Arazi Çiftleri (4, 5 ve 6).....	77
Şekil 43. Mobil Uygulamanın Arayüzü (a. Sadece \$, b. \$ ve ₺)	81

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Taşıma/Sürütme Mesafesine Göre Arazi Sınıflandırılması (Acar, 2004).....	5
Tablo 2. Hava Hatları ile İlgili Yapılmış Literatürdeki Çalışmalar (Acar, 2017)	11
Tablo 3. Koller K 300'ün Teknik Özellikleri (Öztürk, 2003).....	12
Tablo 4. MOZ 500 GR Teknik Özellikleri (Yılmaz vd., 2022)	13
Tablo 5. Artvin OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021).	27
Tablo 6. Çoruh OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021a).....	27
Tablo 7. Deriner OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021b).	28
Tablo 8. Madenler OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021c).	28
Tablo 9. Ortaköy OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021d).	29
Tablo 10. Saçinka OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021e).....	29
Tablo 11. Taşlıca OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021f).....	30
Tablo 12. Tütüncüler OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021g).....	30
Tablo 13. Zeytinlik OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021h).....	31
Tablo 14. Mobil El Vinci ile BÇ Günlük Üretim Miktarları.....	33
Tablo 15. İnsan Gücü ile BÇ Günlük Üretim Miktarları	33
Tablo 16. Plastik Oluk Sistemi ile BÇ Günlük Üretim Miktarları.....	33
Tablo 17. Traktörle Kablo Çekimi ile BÇ Günlük Üretim Miktarları	33
Tablo 18. Traktörle Zemin Üzerinde Sürütme ile BÇ Günlük Üretim Miktarları	34
Tablo 19. Hava Hatları ile BÇ Günlük Üretim Miktarları	34
Tablo 20. BÇ Yöntemlerine Göre 1 Metrelik Taşıma/Sürütme Maliyeti.....	36
Tablo 21. Örnek Alan Tablosu	40
Tablo 22. Kontrol Arazileri Veri Tablosu	44
Tablo 23. Artvin OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	55
Tablo 24. Çoruh OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	55
Tablo 25. Deriner OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	56
Tablo 26. Madenler OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	56
Tablo 27. Ortaköy OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	57

Tablo 28. Saçınka OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	57
Tablo 29. Taşlıca OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	58
Tablo 30. Tütüncüler OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	58
Tablo 31. Zeytinlik OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı	59
Tablo 32. Artvin OİM Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	59
Tablo 33. Artvin OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	60
Tablo 34. Çoruh OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	60
Tablo 35. Deriner OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	61
Tablo 36. Madenler OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	61
Tablo 37. Ortaköy OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	62
Tablo 38. Saçınka OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	62
Tablo 39. Taşlıca OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	62
Tablo 40. Tütüncüler OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	63
Tablo 41. Zeytinlik OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	63
Tablo 42. Artvin OİM Üretime Konu Alanlardaki Yolların IUFRO Eğitim Gruplarına Dağılımı	64
Tablo 43. Kontrol Arazileri Geneline Ait Yol Ağına İlişkin Bilgiler	65
Tablo 44. Veri Seti Tablo Özeti	66
Tablo 45. Performans Ölçütleri	68
Tablo 46. Kontrol Arazilerine Ait Sürütme Mesafeleri-BÇ Yönü-Eğim Grupları	73
Tablo 47. Kontrol Arazi Çiftleri	75
Tablo 48. Planlı Arazilerdeki Verimlilik Değerleri	78
Tablo 49. Plan Yapılmamış İzlenen Arazilerdeki Verimlilik Değerleri	78
Tablo 50. Kontrol Arazilerinde Üretim Maliyetlerinin Karşılaştırılması	79
Tablo 51. Kontrol Arazilerinde İşin Tamamlanma Sürelerinin Karşılaştırılması	80

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<i>CBS</i>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<i>OİŞ</i>	: Orman İşletme Şefliği
<i>BÇ</i>	: Bölmeden Çıkarma
<i>KA</i>	: Karar Ağaçları
<i>IUFRO</i>	: International Union of Forest Research Organizations
<i>YU</i>	: Yamaç Uzunluğu
<i>YSA</i>	: Yapay Sinir Ağları
<i>MÖ</i>	: Makine Öğrenmesi
<i>GPS</i>	: Global Position System
<i>AY</i>	: Aşağıdan Yukarı
<i>YA</i>	: Yukarıdan Aşağı
<i>İG</i>	: İnsan Gücü
<i>ELV</i>	: El Vinci
<i>OLK</i>	: Plastik Oluk Sistemi
<i>OTS</i>	: Traktörle Zemin Üzerinde Sürütme
<i>OTC</i>	: Traktörle Kablo Çekimi
<i>KHM</i>	: Kısa Mesafeli Hava Hattı
<i>OMH</i>	: Orta Mesafeli Hava Hattı
<i>UMH</i>	: Uzun Mesafeli Hava Hattı

1. GENEL BİLGİLER

Ormancılık çalışmaları zor, tehlikeli ve zaman alan faaliyetleri kapsamaktadır. Diğer taraftan orman ürünlerine olan talep her geçen gün artmaktadır. Artan bu talebin karşılanması için de odun hammaddesi arzını arttırmak gerekmektedir. Son yıllarda artan orman yangınları ve yıllar içerisinde yapılan yanlış planlamalar ile gerçekleşen ormancılık üretim faaliyetleri sebebi ile ormanların sürdürülebilir işletilmesi zor bir hal almıştır. Yaklaşık yarısı bozuk vasıfta olan ülkemiz ormanlarında işletme faaliyetlerinin planlı yapılması, çevresel etkenlerin dikkate alınması ve sonucunda da sürdürülebilir ormancılık faaliyetleri için planlı bir üretim yapılması önem arz etmektedir. Üretim denildiği zaman akla gelen ilk şey odun hammaddesi üretimidir. Bu üretim, süreçler dikkate alındığı zaman iki aşamada gerçekleşmektedir. Kesim ve nakliyat olarak iki aşamadan oluşan odun hammaddesi üretimi nakliyat aşaması sonrası tamamlanmaktadır. Nakliyat kendi içerisinde bölmeden çıkarma (BÇ) ve uzak nakliyat olarak ayrılmaktadır (Gümüş, 2014).

BÇ denildiğinde genel olarak orman içerisinde bulunan ağaçların kesildiği kütük dibinden en yakın yol kenarına ya da rampaya kadar ulaştırılması anlaşılmakta, bu ulaştırma işi de yer çekimi, insan/hayvan gücünden veya motor gücünden yararlanılarak yapılmaktadır (Seçkin, 1975). Buradan da anlaşılabileceği üzere BÇ yapılırken göz önünde bulundurulması gereken bazı koşullar bulunmaktadır (Karaman, 2001). Bu koşullar dikkate alınmadığı takdirde yapılan BÇ çalışmalarında çıkarılan üründe (Ünver & Acar, 2009a), kalan meşcerede (Ünver & Acar, 2009b), orman toprağında çeşitli deformasyonlar ve yakındaki nehir suyu kalitesinde de (Gülcü vd., 2009) önemli zararlar olduğu tespit edilmiştir.

Kısa vadede ormanlara verilen zararın boyutları görülemese de orta ve uzun vadede ormanlardan elde edilen odun hammaddesi miktarında ve kalitesinde önemli düşüşler olacaktır. Bunun önüne geçilebilmesi için gelişen bilgi teknolojilerinden yararlanmak ormancılık faaliyetleri açısından yararlı olacaktır. Gelişen bilgisayar uygulamaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile kullanıldığında daha kısa sürede hassas değerlendirme ve planlama yapmak mümkün olabilmektedir. BÇ çalışmalarında, yapılan arazi modellemeleri ile durum değerlendirmesi yapmak ve işgücü türüne karar vermek daha kolay olmaktadır. Ancak bu sistemlerin kullanımı herkes tarafından bilinmediği için yöntem seçiminde farklılıklar olabilmektedir. Bir ağacın orman alanından çıkarılabilmesi için birçok yöntem ve makine vardır. Ancak iyi bir planlama yapılması hem ormanların sürdürülebilirliği hem

de işçi sağlığı için önemlidir. Artvin, İzmir ve Adana’da odun hammaddesi üretim işlerinde çalışan toplam 140 işçi üzerinde yapılan anket çalışmalarında, işçilerin %35’inin üretim çalışmalarında iş kazası geçirdiği ve bunların da %58,1’i ile en büyük kısmının el ve ayak parmaklarında tahribat olduğu belirlenmiştir (Gümüş & Türk, 2012).

Yapay zekanın (Artificial Intelligence) alt dallarından biri olan Makine öğrenmesi (Machine Learning) ile bu kararların verilebilmesi sağlanabilmektedir. Makine öğrenmesi içerisinde bulunan Karar Ağaçları (KA) yöntemi değişken arazi yapılarına göre en uygun karar verebilen yöntemlerden biridir. Karar Ağaçları (Decision Tree), parametrik olmayan, regresyon ve sınıflandırma için kullanılan bir denetimli öğrenme (Supervised Learning) metodudur (Monedero vd., 2012).

1.1. Ormancılıkta Bölmeden Çıkarma

Ormancılık çalışmaları içerisinde BÇ işletmeler için en önemli safhalardan biridir. Ürünlerde ve orman alanında meydana gelen zararlar bu aşamada olmaktadır. Primer Transport olarak bilinen BÇ üretim çalışmalarının ikinci aşamasını oluşturan nakliyat sürecinin bir parçasıdır.

BÇ birkaç farklı şekilde gerçekleşmektedir. Yöntemlerin farklı olmasının en önemli nedeni değişken arazi koşullarıdır. Ülkemiz ormanlık alanlarının yaklaşık olarak yarısına yakın kısmı %44 eğim değerinin üzerinde eğime sahip dağlık alanlardadır (D.P.T., 2007).

Orman alanlarında yapılacak tüm çalışmalar için yola ihtiyaç vardır. Orman yolları hem ormanların işletmeye açılması için hem de ormanın hizmet fonksiyonunu karşılamak için gereklidir. Ancak orman alanlarından maksimum fayda sağlanacak miktarda yol yapılması, fazlasından kaçınılması gerekmektedir. Çünkü orman yolları mal ve hizmete erişimin yanında plansız yapıldığı takdirde ormansızlaşmaya neden olmaktadır. Orman yol inşaatları sonrasında kazı ve dolduru şevlerinin 2 yıl içinde bitkilerle kaplandığı ve bu zaman zarfında en yüksek miktarda toprak kaybının yaşandığı belirlenmiştir (Luce & Black, 1999). Antalya’da yapılan bir çalışmada 5-10-15 yıllık 3 farklı orman yolu üzerindeki şevler bitkilenme açısından incelenmiş ve bitkilerin toprağı örtme derecesi sırası ile %21,15, %20,33 ve %2,45 olarak ölçülmüştür (Acar & Gümüş, 2018). Orman alanında uzun vadede oluşabilecek ve sürdürülebilir ormancılık çalışmalarını olumsuz etkileyecek durumlardan kaçınmak, ihtiyacı karşılayacak kadar müdahale etmek gerekmektedir.

Çalışmaların zor arazi koşullarında olması mekanizasyonun zamanında ve zemininde uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Hasat sistemlerinin uygunluğunun karar destek olarak kullanıldığı seçme kesim orman yönetiminde yüksek eğimlerde hava hatları kullanılırken düşük eğimlerde zemin üzerinde bölmeden çıkarma yapmak daha iyi performans bakımından genel kuraldır (Marçeta vd., 2020).

1.2. Bölmeden Çıkarmayı Etkileyen Unsurlar

Eğimin yanı sıra arazi koşulları düşünüldüğünde farklı etkenlerin de çalışmalar açısından dikkate alınması gerekmektedir. Genel itibarı ile bakıldığı zaman BÇ'yı etkileyen yamaç uzunluğu, sürütme/taşıma mesafesi ve diğer unsurlar gibi faktörler vardır (Acar, 2004).

1.2.1. Eğim

Yaklaşık yarısı dağlık bölgelerde bulunan ülkemiz ormanlarında üretim faaliyetleri açısından en önemli unsur eğimdir. BÇ'ya karar verileceği zaman arazi eğimi işgücü, teknik ve makine seçimi bakımından önem arz etmektedir. Çalışmalarda kullanılacak insan gücü ya da makine gücünün çalışma koşullarına göre eğim sınıflandırması yapılmıştır. IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) tarafından çalışma kriterlerine göre oluşturulan eğim sınıfları, yapılacak BÇ yöntemini belirlemek (Acar, 1998) açısından önemlidir. IUFRO tarafından yapılan sınıflandırmaya göre odun hammaddesi üretimi yapılan araziler eğim açısından düz arazi (%0-11), hafif eğimli arazi (%11-20), orta eğimli arazi (%21-33), dik arazi (%34-50) ve çok dik arazi (>%51) olmak üzere 5 farklı gruba ayrılmıştır. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Tütüncüler Orman İşletme Şefliğinde bulunan toplam 122,6 km orman yolunun %36,59'u IUFRO eğim kriterlerine göre çok dik eğimli arazilerde olduğu belirlenmiş (Gümüş & Acar, 2018) ve sonuç olarak BÇ çalışmalarında mekanizasyona ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır. Doğu Karadeniz'de saf ladin ormanlarında tomruk hacmi, güzergâh eğimi ve sürütme mesafesine göre verimlilik tespit edilmesinde tamburlu bir traktör kullanılmış ve sonuçlar hem doğrusal regresyon hem de sağlam regresyon yöntemleri ile analiz edilmiştir. İki yöntemde de sürütme mesafesi önemsiz çıkmış, eğim ve ürün hacmi önemli değişkenler olarak tespit edilmiştir (Ünver-Okan, 2020).

%33'e kadar olan arazilerde insan ve hayvan gücünün yanı sıra tarım traktörleri kullanılabilir. Dik arazi grubunda olan %34-50 arasındaki arazilerde traktör yolları ile traktörle kablo çekimi yapılabilir. Çok dik olan %51 eğim değerinden fazla eğime sahip arazilerde ise kablo çekimi ve hava hatları ile bölmeden çıkarma yapılabilir.

1.2.2. Taşıma/Sürütme Mesafesi

Sürütme mesafesi yamaç uzunluğuna ve yol durumuna bağlı olarak değişen bir değerdir. Yamaç uzunluğu BÇ açısından bakıldığında üretim çalışmalarında iki yol arasındaki eğime paralel mesafedir. Şekil 1'den de anlaşılacağı üzere maksimum sürütme mesafesi yamaç uzunluğu olarak ifade edilmektedir.



Şekil 1. Bölmeden Çıkarmaya Göre Yamaç Uzunluğu (Acar, 2004)

Yamaç uzunluğunun (YU) yani sürütme mesafesinin artması alanda kullanılacak makinelerin standartlarının değişmesine sebep olmaktadır. Üretimde kullanılan makinelerin çalışma koşulları birbirinden farklıdır. Eğime göre değişebileceği gibi sürütme mesafesine göre de değişmektedir. Sürütme mesafesine göre arazilerin sınıflandırılması 2 şekilde yapılmaktadır. 100 m' ye kadar uzunluğa sahip yamaçlar vinç arazisi, 100 m'den uzun yamaçlar da vinçli hava hattı arazisi olarak sınıflandırılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Taşıma/Sürütme Mesafesine Göre Arazi Sınıflandırılması (Acar, 2004).

Yamaç Uzunluğu (YU)	Arazi Sınıfı	Mesafe
YU<50m	Vinç Arazisi	Kısa Mesafeli
50m<YU<100m		Uzun Mesafeli
YU<300m	Vinçli Hava Hattı Arazisi	Kısa Mesafeli
300m<YU<800m		Orta Mesafeli
YU>800m		Uzun Mesafeli

1.2.3. Arazideki Engebelilik

Ormancılık çalışmaları içerisinde en önemli yere sahip olan üretim faaliyetleri ülkemiz ormanlarının dağlık alanlarda olması dikkate alındığında zor koşullar altında gerçekleşmektedir. Arazi koşullarına bakıldığında eğimin yanı sıra arazi yüzeyindeki olumsuz durumlar da çalışmaların istenilen şekilde yapılmasını engellemektedir. Arazi engebeleri doğrudan zemin üzerinde yapılacak üretim çalışmalarını zorlaştırmakta farklı yöntemlerin uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu durum da üretim maliyetlerini artırmaktadır (Acar, 2004).

1.2.4. Diğer Unsurlar

Üretim çalışmaları sırasında BÇ yönteminin belirlenmesi üzerinde etkili farklı faktörler de bulunmaktadır. Bulunduğu alana göre farklılık gösteren bu faktörler BÇ yönü, taşıma/sürütme hattında bulunan diri örtü yoğunluğu, taşıma/sürütme hattında bulunan ölü örtü miktarı, kaya ve taşlılık durumu, çıkarılacak parça sayısı ve ebatları, alandaki ağaç yoğunluğu, zeminin ıslak ya da kuru olması durumu, meteorolojik durum, ağaç cinsi, işçi sayısı, araç gereçler olarak açıklanabilir (Acar, 2004).

1.3. Bölmeden Çıkarma Yöntemleri

Ormancılık üretim çalışmalarının en önemli aşaması olan BÇ yukarıda açıklanan durumlar dikkate alındığında farklı şekillerde ve iş gücü ile gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde bu çalışmalar için insan gücü, makine gücü ve transport tesisleri (orman yolları, sürütme yol ve şeritleri, oluklar) kullanılmaktadır. Her ne kadar hayvan gücü ile bölmeden geçmişte yapılıyor olsa da hayvanların barınma ve beslenmesi problemleri, makine gücüne

ulaşının eskisi gibi zor olmaması gibi sebeplerle neredeyse kullanımı kalmamıştır. Ülkemizde zemin üzerinde sürütme yapılarak gerçekleştirilen B alışmaları %72'si insan gücü ile, %15'i hayvan gücü ile %8'i de traktörlerle yapılmaktadır (Türk, 2011).

1.3.1. İnsan Gücü ile Bölmeden Çıkarma

İnsan gücü kullanılarak yapılan B çalışmalarında arazi eğimi, zemin durumu, iş gücü gibi etkenlere dikkat etmek gerekmektedir. Genel olarak insan gücü ile yapılan çalışmalar doğrudan zemin üzerinde kaydırmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Zemin üzerinde ürünlerin kaydırılabilmesi için zeminin ıslak olması genel olarak tercih edilen bir durumdur. Ayrıca ürünlerin kabuğunun soyulmuş olması ve arazi engelinin sürütmeye engel olmayacak seviyede olması gerekmektedir. Arazi engeli, ürünlerin zemin üzerinde sürütölmesine engel olan taşlık, kayalık, çukur, tümsek ve diri örtü gibi durumlar olarak değerlendirilmektedir. Genel olarak kontrolsüz kaydırma yapılarak gerçekleştirilen B alışmaları yolun üst kısmından yola doğru ürünlerin kaydırılması ile gerçekleşmektedir (Şekil 2). İşçiler ürünlerdeki sürtünmenin en aza inmesi için yağışlardan sonraki günleri tercih etmektedirler.



Şekil 2. İnsan Gücü ile Kontrolsüz Kaydırma ile B (Foto: M. Acar 07.09.2022)

İnsan gücü kullanılarak yapılan çalışmalar doğrudan insan gücü ile araç gereç olmadan yapılabil-diği gibi bazı durumlarda balta, sapin, manivela, kızak gibi araç gereçler de kullanılabilir (Yıldırım & Engür, 1989). Her ne kadar sapin, manivela ve balta gibi basit el

aletlerinin yanı sıra motorlu testere kullanılarak yapılan çalışmalarda verim düşük olsa da mekanizasyon temininin zor veya uzun zaman süreceği durumlarda İG ile BÇ kullanılmaktadır. Genel itibari ile bakıldığı zaman düz arazilerde insan gücü kullanılarak tomrukların alandan çıkarılması zordur, fakat arazi eğimine göre tomruğun ağırlığı yerçekimi ile birleştiğinde yukarıda belirtilen basit araçlar ile BÇ yapmak mümkün olmaktadır (Şekil 3). Çalışmalar sonucunda yola indirilen ürünler yükleyicilerle veya insanlarla kamyonlara yüklenerek nakliyatın ikinci aşaması olan uzak nakliyat gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Manivela ile Tomrukların Kaydırılması (Foto: M. Acar 07.09.2022)

İnsan gücü kullanılarak yapılan BÇ çalışmaları alandaki ürün miktarının fazla olmadığı, zeminin uygun olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Yolun üst kısmında bulunan ürünlerin arazi eğiminin yüksek olduğu alandan çıkarılabilmesi için hava hatları ya da oluk sistemleri kullanılması gerekmektedir. Bu ihtiyaçların karşılanması için zaman ve para gerekmektedir. Miktarın az olduğu alanlarda gerek kurulum maliyeti gerekse süre dikkate alındığında insan gücü kullanılarak yapılan çalışmalar önem arz etmektedir.

İnsan gücü ile BÇ, verimlilik açısından incelendiğinde sürütme mesafesi 168 m – 342 m arasında değişen 12 adet bölmede $1,86 \text{ m}^3/\text{sa}$ – $3,77 \text{ m}^3/\text{sa}$ verimlilik değeri hesaplanmıştır (Eker, 2004). Yapılan örnek çalışmaya göre günlük verim $14,88 \text{ m}^3$ – $30,16 \text{ m}^3$ arasında

değişmektedir. Mekanizasyonun olmadığı ya da kurulum maliyetlerinin çok olduğu alanlarda BÇ'da insan gücünden faydalanmanın kaçınılmaz olduğu düşünüldüğünde ürün miktarının fazla olmadığı alanlarda uygulanabilmektedir.

1.3.2. Makine Gücü ile Bölmeden Çıkarma

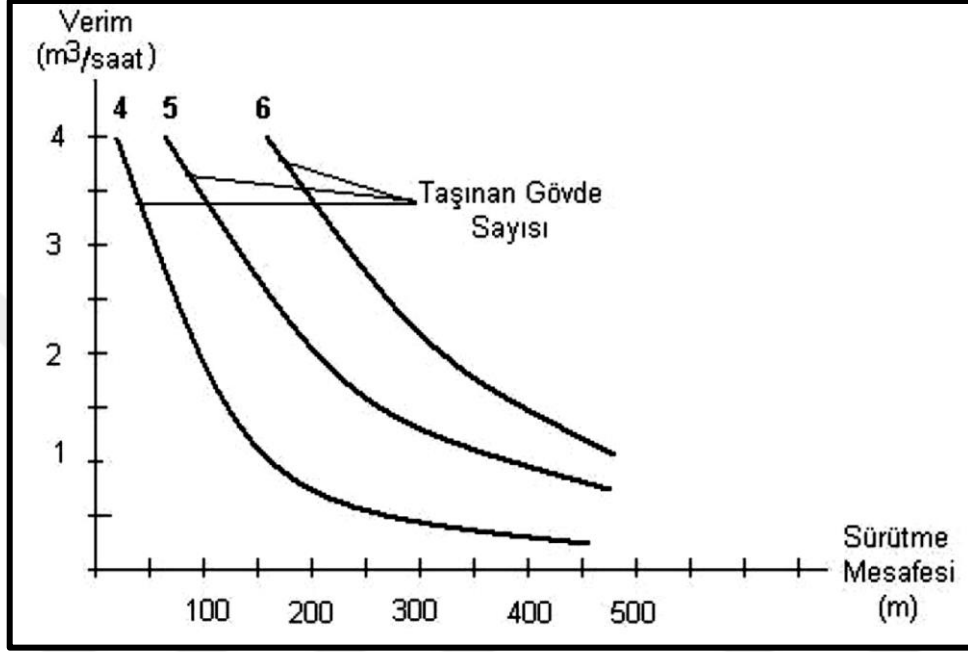
Makine gücü kullanılarak yapılan çalışmalar ülkemiz ormanlık alanları dikkate alındığında geniş bir yere sahiptir. Ülkemiz ormanlık alanlarının dağlık bölgelerde olması sebebi ile insan gücü kullanımı yetersiz kalmaktadır. Eğimin yüksek olduğu zor arazi koşullarında mekanizasyon ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de mekanizasyon denildiği zaman traktörler ve hava hatları akla gelmektedir. Ancak son on yılda özellikle standardı düşük orman ürünlerinin bölmeden çıkarılmasında mobil el vinci kullanımı da yaygınlaşmaktadır (Akay vd., 2014).

Traktörlerle BÇ farklı şekillerde yapılmaktadır. Arazi eğimi, arazi engeli, diri örtü, zemin durumu gibi etkenler dikkate alındığı zaman genel olarak sürütmeye engel bir durumun olmadığı arazilerde kullanılabilir. Arazi eğimine göre doğrudan zemin üzerinde sürütme yapılabildiği gibi kablo çekimi yapılarak da BÇ yapılmaktadır. Tarım traktörleri %0-33 eğime sahip arazilerde doğrudan zemin üzerinde sürütülerek tomrukların bölmeden çıkarılmasında kullanılmaktadır (Bayoğlu, 1996; Bayoğlu, 1997; Erdaş vd., 2007). Traktörün araziye giremediği, sürütme mesafesinin de 150 m'ye kadar olduğu arazilerde kablo çekimi yapılarak tomruklar alandan çıkarılabilmektedir. Ayrıca Artvin bölgesinde traktörler kablo çekimi gibi çalışma prensibine sahip halk arasında "Artvin vinci" olarak bilinen bir araç da kullanılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Artvin Vinci Kullanılarak Kablo Çekimi ile BÇ (Foto: M. Acar 18.08.2022)

Traktörler kullanılarak yapılan BÇ çalışmalarında ürünlerin 100 m ileri taşınması ve 200 m ileri taşınması arasında fark olduğu ayrıca aynı mesafede farklı yüklerle gitme arasında da fark olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Sürütme Mesafesi ve Parça Sayısına Göre Verimin Değişimi (Acar, 2004)

Orman traktörleri ormancılık çalışmalarında yaygın olarak kullanılan, hemen hemen bütün bölge müdürlüklerinde ve orman işlerini yapan kooperatiflerde bulunan bir araçtır (Şekil 6). Ancak çalışma koşulları sınırlı olan araçlardan oldukları için her arazide kullanılamazlar. Yukarı yönde %25'e kadar, aşağı yönde ise %40-50 eğime kadar sürütme yapabilen makinelerdir (Yıldırım & Engür, 1989). Eğimin yüksek olduğu yamaçlarda orman traktörleri 150 m ye kadar etkilidir. Bu mesafeyi aşan durumlarda orman alanları içerisine traktör yolları yapılarak üretim yapılabilir. Bu mesafeyi aşan durumlarda orman alanları içerisine traktör yolları yapılarak üretim yapılabilir.

Tarım traktörü vinci ile kış üretim çalışmaları verim bakımından incelenmiş, ortalama 44 m'lik sürütme mesafesinde sürütme zamanı 3,37 dk ve verim 14,11 m³/sa olarak bulunmuştur. Üretim çalışmalarının en fazla zaman alan aşamasını toplam zamanın %46,48'ini ürünlerin bölmeden çıkarılması aşaması oluşturmuştur (Taş & Akay, 2020). BÇ maliyeti iyi bir plan ile azaltmak mümkündür. Amaç programlama kullanılarak maliyet dikkate alındığında orman treyleri kullanmak yerine tarım traktörüne iki tekerli treyler monte edilerek yaklaşık %44 tasarruf sağlandığı tespit edilmiştir (Hejazian vd., 2019).



Şekil 6. MB Trac 900 Orman Traktörü (Foto: M. Acar 22.06.2021)

Orman traktörlerinin uygun çalışma koşulları altında verimlilikleri gayet yeterlidir. %30 eğime sahip bir alanda 55 m ve 105 m mesafelerden yapılan BÇ çalışmalarında günlük verimlilikleri sırası ile 116,64 m³ ve 70,80 m³ olarak bulunmuştur (Öztürk & Şentürk, 2010).

Arazi eğiminin yaklaşık %70 üzerinde olduğu alanlarda normal B Tipi Tali orman yolu yapımı risklidir. Orman yolu yapımının riskli olduğu alanlarda farklı mekanizasyon ihtiyaçları ortaya çıkmıştır. Orman yollarının az olduğu, yapımının riskli ve maliyetli olduğu özellikle yüksek eğimli arazilerde hava hatları kullanılmaktadır. Ülkemizde hava hatları kısa, orta ve uzun mesafeli hava hatları olarak üç gruba ayrılmaktadır.

Hava hatları zemin üzerinde doğrudan sürütmenin mümkün olmadığı, kayalık, bataklık, yoğun diri örtü gibi engellerin olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca yukarıdan aşağı yönde ürünlerin taşınabilmesine imkân vermesi alanların işletmeye açılabilmesi açısından önemlidir. Hava hatları ile BÇ yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Tablo 2). Çalışmalardan elde edilen bilgilere göre orman alanlarına zarar vermesi bakımından en düşük etkiye sahip araçların başında gelen hava hatları ekolojik öneme sahip makinelerdendir. Verimlilik açısından da oldukça yüksek verimlilikte çalışma potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. Operatör ve işçi tecrübesi de bu verimliliği önemli ölçüde etkilemektedir.

Tablo 2. Hava Hatları ile İlgili Yapılmış Literatürdeki Çalışmalar (Acar, 2017)

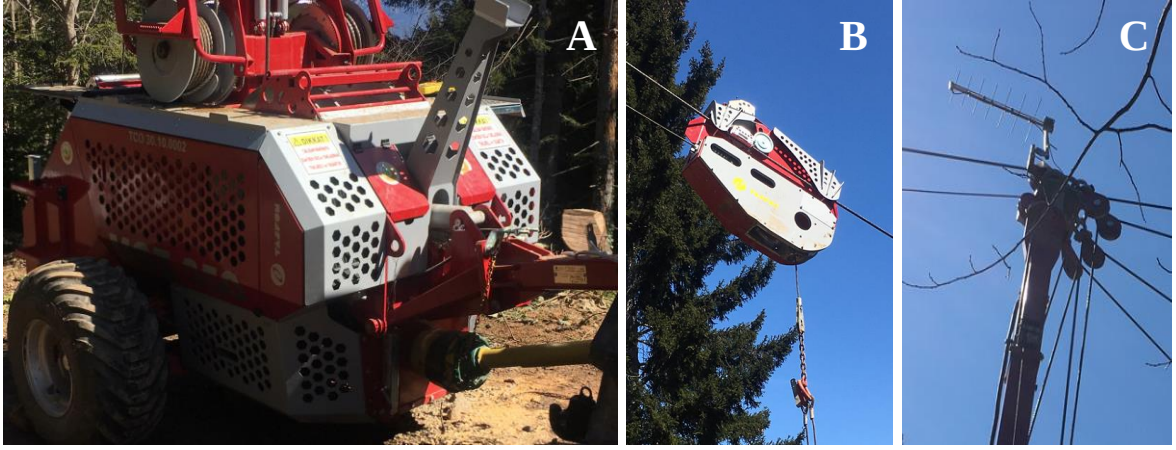
Hava Hattı Tipi	Araştırma Yapan	Yıl	Hava Hattı Modeli	Sürütme Mesafesi (m)	Eğim (%)	Verim (m³/sa)
Kısa Mesafeli Hava Hattı	Erdaş & Acar	1995	Koller K300	250	-	3,75
	Acar	1995		250	55	3,31
	Öztürk	1996		300	45	5,15
	Öztürk	1996		220	64	6,27
	Öztürk	1996		290	40	6,26
	Aykut vd.	1997		163	68	12,19
	Acar vd.	2002		180	40	5,49
	Çağlar	2002		280	78	4,97
	Çağlar & Acar	2004		280	55	4,52
	Şentürk vd.	2007		100	-	6,60
	Şentürk vd.	2007		200	-	5,50
	Şentürk vd.	2007		250	-	4,90
	Acar vd.	2010		-	-	3,24
	Acar vd.	2010		-	-	2,31
ORTALAMA				227	55,63	5,32
Orta Mesafeli Hava Hattı	Çağlar	2002	Urus MIII	600	49	4,27
	Aykut vd.	1997		242	45	8,63
	Acar	1995		250	65	6,73
	Öztürk	1996		550	55	7,87
	Değermenci	2007		400	60	4,71
	Acar vd.	2010		-	-	3,16
	Acar vd.	2010		-	-	2,37
ORTALAMA				408,4	54,8	5,39
Uzun Mesafeli Hava Hattı	Aykut vd.	1997	Gantner	673	65	4,56
	Çağlar	2002		1200	78	4,16
	Değermenci	2007		1300	65	6,10
ORTALAMA				1057,7	69,3	4,94
GENEL ORTALAMA				389,43	57,94	5,29

300 m'ye kadar uzakta bulunan ürünlerin taşınmasında ülkemizde yoğun olarak kullanılan kısa mesafeli hava hattı Koller K300'dür. Eski bir hava hattı olmasına rağmen teknik özellikleri bakımından üretim çalışmalarında kullanımının verimli olduğu bilinmektedir (Tablo 3). Orman Genel Müdürlüğü geçtiğimiz yıllarda makine parkına yeni nesil hava hatlarını da eklemiştir. Tümosan 8105 Traktör ile kullanılan Tajfun MOZ 350GR ve Tajfun MOZ 500GR modelleri de kısa ve orta mesafelerde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kullanılmaya başlanmıştır.

Tablo 3. Koller K 300'ün Teknik Özellikleri (Öztürk, 2003)

Taşıma Yük Kapasitesi	Tamamen askıda 1 ton, bir ucu yerde 1,5 ton
Saatteki Sefer Sayısı	6-8 sefer
Max. taşıma mesafesi	300 m
Ortalama günlük verimliliği	48 m ³ /gün (6 m ³ /saat)
Teknik işçi sayısı	1 operatör 1 yardımcısı, olmak üzere 2 kişi
Yükleme ve boşaltma için	4 işçi
Montaj süresi	Ara dayanaksız ise 3 işçi ile 24 saat Ara dayanaklı ise 3 işçi ile 48 saat
Demontaj süresi	Ara dayanaksız ise 3 işçi ile 12 saat
Ana kablo çapı	16 mm
Çekme kablosu çapı	8 - 10 mm
Her iki kablo	Çelik özlü ve kendinden yağlıdır
50 lt. benzin ile	Yaklaşık 100 m ³ ürün taşınır

Tajfun MOZ 500 GR modeli verimlilik açısından değerlendirildiğinde 125 m taşıma mesafesinde günlük verim değerinin 42,48 m³ olduğu belirlenmiştir (Yılmaz vd., 2023). Hava hattı teknolojik donanımlara sahip en yeni modeldir. Çift kumanda istasyonu olan makine görüş mesafesinde olan terminaldeki operatör tarafından kumanda edilebiliyor olması iş güvenliği bakımından önemli bir avantaj olarak görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. A: Tajfun MOZ 350 GR Mobil Hava Hattı, B: Vagon, C: Kule ve Anten (Foto: M. Acar 20.08.2022)

Teknolojik gelişmelere göre yenilenmiş bir tasarım olan Tajfun MOZ hava hatları ülkemiz ormancılığında önemli bir yer tutmaktadır. Kullanımının yaygınlaşması, operatörlerin eğitilmesi ile verimlilikleri en üst düzeye çıkacaktır. Ormancılık çalışmalarında Tajfun MOZ hava hatları, kısa ve orta mesafelerde BÇ açısından teknik özellikleri

bakımından yenilikçi bir makine olarak kullanılmaktadır (Tablo 4). Ortalama sürütme mesafesi 90 m olan bir üretim bölgesindeki günlük verimliliği 67,12 m³ olarak hesaplanan (Yılmaz vd., 2022) makine, üretim çalışmaları açısından kolaylık ve iş güvenliği bakımından önemlidir. Eski hava hatları ile kıyaslandığında Tajfun MOZ hava hatları eski hava hatlarının en verimlisinden daha iyi değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Altunel, 2023).

Tablo 4. MOZ 500 GR Teknik Özellikleri (Yılmaz vd., 2022)

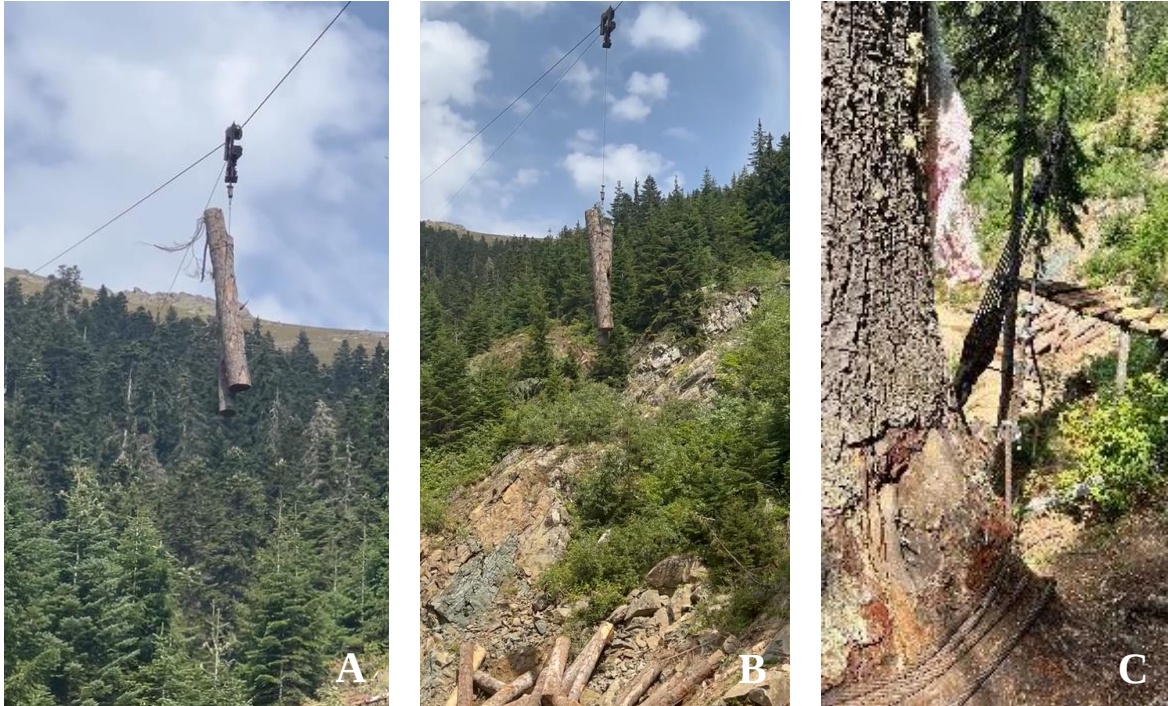
Ağırlık	3800 kg
Gerekli Traktör Gücü	105 BG
Halat Uzunluğu	500 m
Taşıma Kablosu	500 m / 18 mm çap
Çekme Kablosu	500 m / 9 mm çap
Sabitleme Kablosu	45 m / 16 mm çap
Gerilme Kuvveti	60 kN
Maksimum Çalışma Yüksekliği	8 m
Maksimum Taşıma Yüksekliği/Kapasitesi	2,8 m / 1900 kg
Kule Dönüş Açısı	180°
Lastik Ebatları	400/60R15.5
Depo Kapasitesi	120 lt
Kontrol Sistemi	Uzaktan Kumanda
Yakıt Tüketimi	3 lt/sa
Verim	50 – 70 m ³
Vagon Ağırlığı	240 kg

Orta mesafeli hava hatları olarak bilinen 800 m'ye kadar uzaktan BÇ yapabilen makineler ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kullanılmaktadır. Aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya doğru BÇ yapılması çalışmalarında kullanılan Urus MIII hava hatları Unimog U1500 model kamyonu monte edilmiştir (Öztürk & Demir, 2007). Yol yapımının zor ve masraflı olduğu eğimli alanlarda, arazi yapısı bakımından doğrudan sürütmeye imkân vermeyen alanlarda iki yönlü taşıma yapabilen Urus MIII hava hatları verimlilik açısından da tercih edilmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Urus MIII Hava Hattı (Foto: M. Acar 11.08.2022)

800 m'den uzun mesafelerde ülkemizde kullanılan hava hatları Gantner modelidir (Şekil 9). Gantner firması tarafından farklı modellerde üretilen uzun mesafeli hava hatları 2500 m mesafeye kadar ulaşabilen, iki yönde taşıma yapabilen ve 8000 kg yük taşıyabilen araçlar olup yer çekimi etkisinin kullanılabilmesi için en az %15 arazi eğimine ihtiyaç duyan makinelerdir (Acar & Gümüş, 2000). Ancak ülkemizde kullanılan model 1500 m mesafeye kadar olan ve yaklaşık 3 ton taşıma yapabilen modeldir.



Şekil 9. A: Tomruğun Yukarıdan Aşağı Taşınması, B: Tomruğun Boşaltma Yerine İnmesi, C: Aşağı İstasyon Gergi Ağacı (Foto: M. Acar 22.08.2022)

Bölmeden çıkarma çalışmalarında iş kolaylığının sağlanması gelişen teknolojilerin bu alanda kullanılmasına bağlıdır. Orman alanlarında üretim yapılan ağaçlar büyük ölçekli ağır ağaçlar olabileceği gibi küçük standartlarda ya da miktarda ağaçların da BÇ ile ormandan alınması gerekmektedir. Olağanüstü koşullarda etkilenmiş az sayıdaki ince orman emvali için ağır mekanizasyon kullanımına alternatif olarak geliştirilen taşınabilir el vinci ile BÇ daha az maliyetle yapılabilir. Fırtına zararı gören odun hammaddesinin BÇ işlemi için Kütahya’da yapılan bir çalışmada %35 arazi eğiminde aşağıdan yukarı yönde 40 m uzaktan sürütülen ürünler için saatlik verim değeri 3,96 m³ olarak hesaplanmıştır (Bilici vd., 2019).



Şekil 10. Taşınabilir El Vinci, Sabitleme ve Yönlendirme Halatları ve Çekme Halatı (Akay vd., 2023)

Kar üzerinde el vinci kullanılarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmasında 25 m (%25 eğim), 50 m (%25 eğim), 50 m (%50 eğim) ve 75 m (%50 eğim) uzunluğunda 4 farklı güzergâhta çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen çalışma zamanı ve verimlilik değerleri sırası ile 3,31 dk – 2,06 m³/sa, 4,68 dk – 1,46 m³/sa, 5,25 dk – 1,28 m³/sa ve 6,85 dk – 0,99 m³/sa olarak bulunmuştur (Gülci vd., 2017). Sanayi odunu ve kısa boy tomruklarla yapılan bir çalışmada ortalama 50 m sürütme mesafesinden çıkarılan ürünler için el vinci'nin verim saatlik ve günlük verim değeri sırası ile 1,10 m³ ve 8,80 m³ olarak bulunmuştur (Öztürk & Şentürk, 2021).

1.3.3. Transport Tesisleri ile Bölmeden Çıkarma

İnsan gücü ve makine gücünün arazi yapısı, maliyet, mekanizasyon eksikliği gibi durumlar sebebi ile kullanılamadığı alanlarda yukarıdan aşağıya doğru ürünlerin

ıkarılmasında oluk sistemi tesis edilerek ürünler orman alanından en yakın yola ya da rampaya indirilmektedir. Tesis maliyetlerinin düşük olması, kurulumun hızlı olması ve arazi eğiminin kurulum sırasında etkisinin azaltılabilmesi gibi sebeplerle uygulanmaktadır (şekil 10). Özellikle ince tomruklar, direkler ve yakacak odunların indirilmesi için çok uygun bir yöntemdir.

Günümüzde B’da en yaygın kullanılan oluk sistemi plastik oluklar, orman alanında meydana gelebilecek zararların önüne geçilmesi ve zamanın iyi kullanılması bakımından tercih edilmektedir. Sürütme yolu yapımı, kabuk soyma gibi işlemlerin yapımına gerek kalmadığından zamandan tasarruf edilmesine olanak sağlar (Yıldırım & Engür, 1989).



şekil 11. Plastik Oluk Sistemi ile B (Acar, 2015)

1.4. Bölmeden ıkarma çalışmalarının Ekonomik Değerlendirilmesi

Bölmeden ıkarma ormancılık üretim çalışmaları içerisindeki en önemli aşamaların başında gelmektedir. Gerek orman alanlarının sürdürülebilir yönetimi gerekse ormanlardan elde edilen hizmetlerin kalite ve miktar bakımından olumsuz etkilenmesi bu aşamada gerçekleşmektedir. B yönteminin doğru seçilmemesi orman ürünlerine zarar verdiği gibi maliyeti de doğrudan etkiler.

Odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülmesi sonucu sürütme yolu çevresinde bulunan fidanlarda ve ağaçlarda kırılma, sklme, yaralanma, sürütme yolu üzerinde fiziksel

ve kimyasal olarak toprağın bozulmasına sebep olacağı gibi taşınan/sürütülen ürünlerde de kalite miktar kayıplarına neden olmaktadır (Laffan vd., 2001; Ünver & Acar, 2009a; Ünver & Acar, 2005; Acar, 2016). Eğimin düşük olduğu alanlarda genel olarak kullanılan doğrudan zemin üzerinde sürütme yönteminde orman alanlarının olumsuz etkilenerek ormansızlaşmaya neden olabileceği görülmektedir. 1 hektar alanda 703 m²'lik toprakta sıkışma, 53,39 m³ miktarında toprak kaybı olduğu ve 6432 adet fidanın sürütmeye bağlı olarak zarar gördüğü belirlenmiştir (Türk & Gümüş, 2015).

Bölmeden çıkarma çalışmalarında odun hammaddesinin orman toprağına temas ettiği ölçüde toprağın özelliklerinde değişimlere neden olabilir. Sarıçam ve kayın karışık meşcerelerinde yapılan çalışmada 3 farklı meşcere türünden her birinden 10 tane olmak üzere 30 örnek alan belirlenmiştir. Sürütme yapılarak BÇ yapılan çalışmada 558 adet ağaçtan (fidanlar da dâhil) 265 tanesi sürütme yapılarak BÇ yapılmasından zarar görmüştür. Bu sayının 139 tanesi fidan, 126 tanesinin de ağaç olduğu belirlenmiştir. Zarar boyutları üzerinde yapılan değerlendirmeye göre (zarar gören ağaç çapının 10 cm'den yüksek veya düşük olması) 137 tanesinde düşük, 107 tanesinde orta ve 21 tanesinde yüksek derecede zarar tespit edilmiştir (Buğday ve Menemencioğlu, 2013). Yapılan çalışmalar sonucu orman alanlarında meydana gelen sürütme zararları ormanların sürdürülebilirliği açısından çok tehlikeli boyutlardadır. Hasat operasyonlarına bağlı zararların ön tehlike analizi ile değerlendirilmesi sonucunda hasat yapılan alanların %39,28'i yüksek, %32,15'i ciddi ve %28,57'si ise orta risk grubunda olduğu belirlenmiştir (Ünver-Okan vd., 2019). Sadece üretime konu ağaçlarda değil üretim planının dışındaki ağaçlar da bu çalışmalardan olumsuz etkilenmektedir (Sowa & Stanczykiewicz, 2004; Spinelli, 1999). BÇ'dan kaynaklanan zararların önüne geçebilmek için sürütme yapılmasının zorunlu olduğu alanlarda sürütümeyi azaltacak önlemler alınmalıdır. Sürütme esnasında takılmaların ve toprağı kazımanın önüne geçebilmek için TÇKB (Tomruk Çekme Kaydırma Başlığı) kullanılan bir çalışmada ekonomik, ekolojik, ergonomik ve teknik açıdan fayda sağlandığı takılmalara bağlı zaman kayıplarının önüne geçildiği belirlenmiştir (Acar, 2013a). Sürütücüler ve taşıyıcılar gibi ağır ve geniş makinaların kullanımı özellikle sürütme yollarında görülen toprak sıkışmasına ve sonrasında erozyona sebep olabilir (Cambi vd., 2015, Picchio vd., 2020).

BÇ ormancılık üretim işleri düşünüldüğünde maliyet bakımından en fazla etkiye sahip aşamadır. Orman alanlarında yapılan üretim çalışmalarından elde edilen gelirlerle orman alanında yol yapımı gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple üretim maliyetlerinin az olması kazancı arttırmaktadır. İyi bir planlama ile en az maliyetle en yüksek kazanç elde edilebilmektedir.

Aksi takdirde ürünlerde kalite ve miktar kaybına bağlı olarak işletmeler zarar etmektedirler. BÇ sırasında ürünlerde meydana gelen bozulmalar yüzünden yaklaşık %40 oranında maddi kayıp olmaktadır (Murphy & Twaddle, 1985). Sürütme sırasında kullanılacak TÇKB ile kayıpların önüne geçmek mümkün olmakta ek olarak sürütülen ürünlerde uygulanan baş kesme payına gerek olmadığı için Türkiye’de ortalama 15 milyon m³ tomruk üretiminde 300 bin m³ baş kesme payı olarak kesilmeyerek OGM (Orman Genel Müdürlüğü) bütçesine 120 milyon TL katkı sağlamaktadır (Acar, 2013a; Acar, 2013b).

Üretim çalışmalarında olası zararların önüne geçebilmek için mevsim koşulları da dikkate alınmaktadır. Kış üretimi yapılabilen alanlarda zararın az olduğu belirlenmiştir. Zemin üzerinde sürütme yapılan ürünlerde kış ayında %28,50 yaz aylarında ise %47,70 hacim kaybı olduğu tespit edilmiştir (Ünver-Okan & Gümüş, 2019). Kayıpların üretim miktarı bakımından karşılıklarına bakıldığında işletmeler için ekonomik zararın boyutları oldukça fazladır.

Ülkemizde BÇ çalışmaları için birçok yöntem ve makine kullanılmaktadır. İnsan gücü, makine gücü ve transport tesisleri başlıcalarıdır. En doğru yöntem seçimi ile hem ekonomik hem de ekolojik olarak fayda sağlanabilmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde 301 kesim alanında hava hattı ile BÇ yapılan çalışmalarda en etkin hava hattı teknik özellikleri tespit edilmeye çalışılmış ve sonucunda 700 m’den uzak mesafeler için sefer başı 2,2 ton yük taşıyarak en az 10 sefer BÇ yapan hava hatlarının etkin oldukları belirlenmiştir (Gümüş & Hatay, 2017).

Koller K300 kısa mesafeli hava hatları ile 0-300 m mesafelerde yapılan çalışmalarda ortalama birim maliyet 4,2 \$/m³ (Şentürk vd., 2007), Urus MIII orta mesafeli (300-800 m) hava hatları ile yapılan çalışmalarda 2,82 €/m³ (Öztürk & Şentürk, 2016), 5,24 \$/m³ (Öztürk, 2004) ve 4,6 \$/m³ (Öztürk, 2009) olarak hesaplanmıştır. Hava hatları doğrudan zemin üzerinde sürütülerek yapılan BÇ çalışmalarına göre çevreye hassas bir yöntem olarak bilinmektedir. Hava hatlarından farklı olarak kullanılan araçlardan traktörler orman alanına zarar verse de maliyet açısından düşünüldüğünde kullanımı uygun olan makinelerdendir. Tarım traktörleri ile yapılan çalışmalarda birim maliyet tek çalışma alanı için 22,98 \$/m³ (Öztürk, 2014) ve 8 farklı çalışma alanı için 7,7-33,6 €/m³ arasında hesaplanmıştır. Bu çalışmalarda da maliyetler arasında bu denli fark olmasının nedeni sürütme mesafesi, orman örtüsü ve arazi yapısıdır. Orman traktörleri ile yapılan birim maliyet çalışmalarında ise traktör arkasında sürütülmesi 600 m (9,80 \$/m³), 300 m (\$/m³) ve 30 m’ den kablo çekilerek

sürütülmesi (4,65 \$/m³) (Öztürk & Demir, 2005); kablo çekimi şeklinde BÇ yapılması 55 m (3,5 \$/m³) ve 105 m (9,6 \$/m³) (Öztürk & Şentürk, 2010) olarak hesaplanmıştır.

BÇ yapılırken doğru yöntemin seçimi maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Sarp arazilerde hava hatları ve yerçekimi etkisi ile sürütme operasyonlarının incelenmesine göre verimlilikleri hava hatları için 4,97 m³/sa ve sürütme için 0,74 m³/sa olarak ölçülmüştür. Bunlara bağlı olarak m³ başına birim maliyetler de sırası ile \$5,98 ve \$51,28 olarak hesaplanmıştır (Gümüş & Acar, 2010).

1.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılıkta Kullanılması

Ormancılık, gelişen teknolojilere ayak uydurduğu sürece daha planlı yönetilebilecektir. Bilgisayarlar hayatımıza girdiğinden beri daha hızlı sonuç çıkarma ve karar verme doğrultusunda planlar yapılabilmektedir. Teknoloji kullanımı ile ülkemizde orman yollarının bilgisayarda planlama çalışmalarına 1990'ların başlarında başlanmış ilk olarak orman yol projelerinde kazı-dolgu hacimlerinin sayısal arazi modeli yapılarak tespiti çalışılmıştır (Şentürk, 1992). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak daha çabuk ve hassas ölçme ve değerlendirme yapılabilmektedir. Hatta bu sayede elde edilen veriler çevresel ve ekonomik anlamda fayda sağlamaktadır. Yaklaşık %72 ortalama eğime sahip bir üretim bölmesi içerisinde yapılan bölmeden çıkarma çalışmasına göre ortalama 312 m sürütme mesafesine sahip bir arazide bölmeden çıkarma maliyetleri 288 sayılı tebliğe göre 17170,20 TL, CBS ile oluşturulan arazi modellemesine göre 5787,18 TL bulunmuştur (Acar vd., 2018).

Üretim planlarının yanı sıra üretimin temelini oluşturan ihtiyaçlardan olan orman yollarının planlanması da CBS ile daha kısa sürede yapılarak zaman kazanımı açısından fayda sağlamaktadır. İtalya' da orman yolları ve sürütme yollarının planlanmasına yönelik planlamada CBS ve yersel ölçümler karşılaştırılarak değerlendirme yapılmış, sonucunda CBS ile planlama yapmanın yersel ölçümlerden farklı olmadığı zaman kazanımı açısından CBS'nin yeterli olduğu tespit edilmiştir (Picchio vd., 2018). Ayrıca ormanların işletmeye açılması açısından yeterli yol ağının tespit edilmesi de orman alanlarında kayıpların yaşanmaması açısından önemlidir. Tarım traktörleri ile bölmeden çıkarma yapılan bir çalışmada mevcut sürütme yolları ile CBS ve Lineer Programlama ile geliştirilen yeni sürütme yolları karşılaştırılmış, yeni planlanan yolların daha az miktarda (281 m/ha'dan 187 m/ha'a düşmesi) olmasına rağmen %16,84 oranında çalışma performansını arttırdığı, toprak

kaybı bakımından hektarda 44.829 ton toprak kaybının önlendiği belirlenmiştir (Gümüş & Türk, 2016). Orman yol inşaatlarının etkisi ile yuvarlanan kayaların orman içerisinde bulunan ağaçlara zarar vermektedir. Arazi ölçümleri ve istatistiksel analizler yapılarak ağaçların maruz kaldığı bu durumun değerlendirilmesi sonucunda hasar meydana gelen ağaçların %90,48'inin dolduru şevinin ilk 10 m'si içerisinde bulunduğu belirlenmiştir (Gümüş vd., 2009). Yol yapımından kaynaklanan zararları en aza indirebilmek için asgari miktarda yol yapımını temel alan bir planlamanın yapılması gerekmektedir ve bu da CBS ile daha mümkün olmaktadır. Odun hasadı amacı ile kullanılan orman yollarının çevresel etki değerlendirmesi sonucunda mevcut yolların %67,7'si düşük riskli bölgelerde bulunduğu ve mevcut yolların işletmeye açma oranının %86,4 olduğu belirlenmiştir. Yolların CBS ile yeniden planlanması sonucunda düşük risk etkisine sahip bölgelerdeki yol oranı %90,2'ye, işletmeye açma oranı da %94,3'e çıkmıştır (Gümüş vd., 2008). Üretimde kullanılan kamyonların orman alanına ulaşımı için CBS tabanlı ağ analiz metodu kullanılarak 2 farklı senaryo oluşturulmuştur. Yol tipine ve koşullarına göre puanlandırma verilerek yapılan değerlendirmeler sonucunda sürüş güvenliğinin öncelikli olduğu senaryoda nakliyat maliyetinin %15,76 arttığı belirlenmiştir (Akay, 2021).

1.6. Yapay Zeka Tekniklerinin Ormancılıkta Kullanılması

Canlı bir ekosistem olan ormanlarımız her geçen gün artan talebi karşılamak için ağır müdahalelere maruz kalmaktadır. İnsanoğlunun var oluşundan günümüze kadar geçen süreçte bu talep hiç azalmamıştır. Sürekli artan talep karşısında yanlış planlama yaklaşımları ve müdahaleler sebebi ile verimli orman alanlarımız azalmakta yakın gelecekte odun hammaddesi ihtiyacının karşılanmasının imkânsız hale gelmesi kaçınılmaz olmaktadır. Son yıllarda bilgisayar teknolojileri sayesinde oluşturulan ve geliştirilen yapay zekâ teknikleri tıp başta olmak üzere birçok alanda başarılı şekilde kullanılmaktadır.

Uzman Sistemler, Bilgiye Dayalı Sistemler, Sinir Ağları ve Genetik Algoritmalar gibi Yapay Zekanın çeşitli uygulamaları 1980'lerin başlarından beri çalışılmaktadır (Minowa, 2005). Zaman geçtikçe yeni uygulamalar ve logaritmalar eklenmektedir. Günümüzde en çok kullanılan yapay zekâ uygulamalarından biri makine öğrenmesidir (MÖ). Ormancılık çalışmalarında yapay zekanın kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Büyük orman alanlarında geleneksel orman envanteri için yersel ölçümler, zor, zaman alan ve maliyetli işlerdir (Lu vd., 2004). Orman türleri, rakım, orijin, orman grubu ve sıralar arasındaki

korelasyon bilgilerini karar ağacı modeli kurarak analiz etmede ID3 algoritmasının kullanımının referans olabileceği ve orman kaynak modunun değerlendirilmesinde iyi bir uygulama olduğu kanıtlanmıştır (Danwa vd., 2009). Ayrıca uzaktan algılama yöntemleri ile yapay zekâ kullanılarak yapılan çalışmalar da oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Sentinel-2 görüntüsü kullanılarak orman arazisi kaynak bilgisi toplanması üzerine yapılan bir çalışmada Destek Vektör Makinesi (DVM), K-Nearest Neighbor, Rastgele Orman (RO), Karar Ağaçları (KA) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) kullanımı sonucunda en yüksek genel doğruluğun %95,8 ile DVM olduğu belirlenmiştir (Zhang vd., 2023). Endüstriyel ağaç hacimlerinin ve biyokütlenin tahmininde MÖ yöntemlerinden DVM, YSA, RO ve Genelleştirilmiş Doğrusal Model (GDM) kullanılmış ve karşılaştırılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda endüstriyel ağaç hacimlerini biyokütlenin tahmininde en iyi sonuç veren YSA olarak tespit edilmiştir (Rocha vd., 2023).

Orman alanları için yapılan çalışmalarda veri sayısı arttıkça sonuçların tahmin edilmesindeki başarı da artmaktadır. İzleme çalışmalarında veri tabanının genişletilmesi, modelleme ve tahmin için denetimli öğrenme tekniklerinin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır (Polowy & Molińska-Glura, 2023).

Ormanlarda özellikle yaz aylarında görülen yangın riski de ormancılık çalışmalarını zorlaştırmakta, müdahale zamanını geciktirmektedir. Yangın riski bulunan alanlarda yangın risk analizleri sayesinde olası yangın durumunda olacaklar önceden belirlenebilmektedir. Yangın risk analizleri klasik yöntemlerin aksine artık yapay zekâ teknikleri kullanılarak yapılmaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde yangın riski yüksek olan kızılçam ormanlarında yapılan bir çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Karar Ağaçları (KA) metodu kullanılmış, yangın sıklığı ve yayılışını tahmin etmede neredeyse kusursuz sonuçlar elde edilmiştir (Küçük & Sevinç, 2023). Yangın olma ihtimali yüksek olan alanlar için de yangın risk haritaları oluşturulmaktadır. Makine öğrenmesi ile yangın risk haritalandırılması RO, DVM, ÇKA ve KA algoritmaları kullanılarak yapılmış ve en iyi yöntem %87,99 doğruluk derecesine sahip olan RO olarak belirlenmiştir (Shao vd., 2022). Ayrıca geçmiş yangınların referans olarak alınması ile oluşturulan veri tabanı, GPS ile oluşturulan poligonlarla birlikte alanlar oluşturularak yangın hassasiyeti konusunda tahminleme yapılabilmektedir. MÖ yaklaşımlarından YSA, DVM ve RO ile yapılan değerlendirmeler neticesinde en iyi tahmini %88 ile RO vermiştir (Ghorbanzadeh vd., 2019). Rastgele Orman algoritması karar ağaçlarına dayalı parametrik olmayan bir tahmin tekniğidir (Breiman, 2001). Kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarının başarılarını ölçmek için kullanılmaktadır.

Doğal olayların doğrudan etkisi bulunan orman alanlarında kar ve fırtına zararı da meydana gelmektedir. Bu zararların tespiti uzun zaman almaktadır ve maliyetli çalışmalardır. Fırtına zararı olan meşcerelerde meşcere türüne göre zarar tahminlemesi yapılan çalışmada 6 farklı makine öğrenmesi yöntemleri karşılaştırılmıştır. RO Sınıflandırıcı, K-Neighbors Sınıflandırıcı, Karar Ağacı Sınıflandırıcı, Hafif Gradyan Yükseltme Makinesi, Çıkıntı Sınıflandırıcı, Ada Yükseltme Sınıflandırıcı, Lineer Diskriminant Analizi yöntemlerinin karşılaştırılması sonucunda RO yöntemi %88,51 ile en iyi tahmin yapan model olup, tahmin edici model olarak %88,27 doğruluğa sahip KA yöntemini kullanmaktadır (Dimou vd., 2023).

Odun hammaddesi üretim maliyetlerini belirlemek planlama açısından önemli bir adımdır. Hasat süreçlerinin maliyetleri üzerine yapılan bir çalışmada Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli (ÇDRM) ile YSA karşılaştırılmış, YSA'nın daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Proto vd., 2020). Urus MIII kısa mesafeli hava hattı ile BÇ'yı etkileyen faktörlerin toplam süreye etkileri YSA, Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) kullanılarak toplam 91 veri ile belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre en başarısız olan yöntem ÇRA modeli olmuştur (Çalışkan, 2019). Yapay zekâ ile elde edilen sonuçlar klasik yöntemlere kıyasla iyi olmasının yanında zaman bakımından da oldukça kısa sürede elde edilmektedir. Farklı bir örnek verilecek olursa, üretim çalışmalarında BÇ zamanının modellenmesi için YSA ve Çoklu Regresyon Analizi'nin karşılaştırılması üzerine yapılan bir çalışmada YSA'nın Çok Katmanlı Algılayıcı ve Kademeli İleri Geri Yayılım yöntemleri kullanılmış, YSA yöntemlerinin tomruk sürütme operasyonlarında süreyi tahmin etmede Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA)'nden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır (Çalışkan ve Sevim, 2019). Ayrıca üretimde kullanılan makine verimliliğinin tahmini için Stepwise Lineer Regresyon, RO ve YSA kullanılan bir çalışmada RO ve YSA Genetik Algoritma (GA) ile ayrı ayrı kombine edilmiş en iyi makine verimliliği tahmini RO ve GA-RO algoritmalarından elde edilmiştir (Lopez vd., 2021). Harvesterlerin odun hammaddesi üretimindeki verimliliğinin tahmini için yapılan başka bir çalışmada YSA ve Uyarlanabilir Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (UATBÇS) gibi iki makine öğrenmesi tekniği kullanılmış, %70 eğitim, %30 test verisi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi sonucu veren yöntemin YSA olduğu belirlenmiştir (Gonçalves vd., 2021). Veri setini oluşturacak verilerin gözleme dayalı veriler olması sonuçları etkilememektedir. Uzman görüşler ve makine kayıtları kullanılarak başarı sağlanmaktadır. Operatörler ve harvesterlardan alınan 1381 gözlem verisi ile mekanize boylama hasadının verimliliği

istatistiksel makine öğrenmesi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada en iyi modelin %90,2 üretkenlik tahmini ile Gradyan Artırılmış Makine yöntemi olduğu belirlenmiştir (Liski vd., 2020). Odun hammaddesi üretiminin bir aşaması olan nakliyat, maliyet bakımından önemli bir aşamadır. Nakliyat maliyetinin tahmini için firmalardan alınan 26761 veri örneği üzerinde yapılan analizlerde ortalama %6 mutlak hata ile makine öğrenmesinin taşınacak odun hammaddesi hacminin tahmininde önemli bir rol oynayacağı belirlenmiştir (Almeida vd., 2022). Odun hammaddesinin hacmine bağlı birim maliyetler sayesinde nakliyat maliyetleri hesaplanmaktadır.

Ağaç endüstrisinde odun hammaddesinin doğru işlenmesi kalite ve miktar kayıplarının önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Karar ağaçları kaplama sanayisinde kaplama sıcaklığının belirlenmesinde kullanılarak en uygun kaplama sıcaklığının belirlenmesinde ağacın (modelin) çok başarılı olduğu görülmüştür (Ahmed vd., 2020). Ayrıca EN14081 sertifikasına göre elde edilen kerestelerle, maliyet hassas KA göre sınıflandırılan kerestelerin karşılaştırılması sonucunda sınıflandırma doğruluğu %64'ten %73'e çıkmıştır (Brännström & Westin, 2009).

Yapay zekâ tekniklerinin ağaç özelliklerini belirlemede kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. 8 farklı ağaç türü üzerinde, ağaçların mekanik özelliklerine göre 180 adet veri kullanılarak yapılan bir çalışmada Çok Katmanlı İleri Beslemeli-Geri Yayılımlı (ÇKİBGY) ve Radyal Temelli Fonksiyon Ağı (RBFN) olmak üzere iki farklı YSA algoritması kullanılmış ve ağın ağaç türlerini tespit etme başarısı sırasıyla %96,29 ve %92,59 olarak bulunmuştur (İlkuçar vd., 2018). Uydu görüntüleriyle ağaç tür sınıflandırmasının MÖ ile yapıldığı bir çalışmada sonuçlar fiziksel tabanlı spektral sınıflandırıcılar ile karşılaştırılmış ve sonuçlar MÖ ile yapılan sınıflandırmaların en başarılı sonuçları verdiği tespit edilmiştir (Wang & Wang, 2023).

Ormancılıkta CBS ile yapay zekanın kullanılması sonucu yol ağı planlanmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. CBS kullanılarak Bulanık Mantığa dayalı Yapay Sinir Ağları uygulaması ile orman yol ağı planı tahmini yapılan bir çalışmada, 6 farklı model oluşturulmuş ve en uygun modelin yükseklik, eğim, köye uzaklık ve NDVI kriterlerini içeren model olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Buğday, 2018). Yol inşaatı maliyetlerinin belirlenmesi planlama açısından önemlidir. Orman yolu inşaatı maliyetlerinin makine öğrenmesi kullanılarak modellenmesi amacı ile İran'ın Hyrcanian Ormanlarında 3000 m uzunluğundaki bir orman yolunun inşaat maliyetleri tahmin edilmek istenmiştir. Çalışmada doğrusal regresyon (DR), K-Star, çok katmanlı algılayıcı sinir ağı (ÇKASA), destek vektör makinesi

(DVM) ve Örnek tabanlı öğrenme (ÖTÖ) olmak üzere beş adet makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılması sonucunda en yüksek eğitim performansının ÖTÖ, DVM'nin ise en yüksek tahmin başarısına sahip yöntem olduğu belirlenmiştir (Jaafari vd., 2021). Yukarıda açıklanan bu tarz çalışmalar sayesinde planlama aşamasında yüksek doğrulukta maliyet analizleri yapılabildiği görülmektedir.

1.6.1. Karar Ağaçları Yönteminin Ormancılıkta Kullanılması

Karar ağaçları yöntemi veri madenciliğinde sınıflandırma analizinde yaygın kullanımı olan bir yöntemdir. Verinin türüne bağlı olarak farklı algoritmaları barındırmaktadır. ID3, C4.5, Regresyon Ağaçları ve CART gibi algoritmalar geliştirilmiştir (Güldal, 2018). Entropi ve Bilgi Kazanımı (Information Gain)'na dayalı olan ID3 algoritması (Quinlan, 1986) sayısal verilerin analizine imkân tanımamaktadır. ID3 algoritması geliştirilerek C4.5 algoritması (Quinlan, 1993) oluşturulmuştur. ID3'e göre daha çeşitli ve daha yeni öğrenme algoritmalarına sahip olan C4.5 algoritması, ID3 algoritmasının güncel versiyonu olarak ortaya çıkmıştır (Kumar & Minz, 2015). Bu algoritma ile sayısal olan veriler de sınıflandırılarak analiz edilebilmektedir. Breinman (1984) tarafından geliştirilen CART (Classification and Regression Trees) ile karar ağaçları oluşturulurken ikili dallanmalar oluşmaktadır. Bu süreçte Twoing, Gini, Regresyon Ağaçları gibi yöntemler kullanılabilmektedir (Güldal, 2018). Entropi, Gini İndeksi ve Bilgi Kazanımı gibi çeşitli ölçütler, belirli bir özelliği karar ağacının uygun bir konumuna yerleştirilmesinde özellik seçimi için geliştirilmiştir (Daniya vd., 2020).

Aralama yapılacak alanlardan seçilen ağaçlardan C4.5 makine öğrenme sistemiyle sınıflandırma kuralları belirleme üzerine yapılan bir çalışmada çıktılar 4 aralama sınıfına göre ayrıldığında sınıflandırma oranı yaklaşık %63-78 arasında değişirken çıktılar “aralama yapılmış” ya da “aralama yapılmamış” olarak sınıflandırıldığında bu oran %88-97 arasında başarılı sonuç verdiği belirlenmiştir (Minowa, 2005).

“Odun Hammaddesi Bölmeden Çıkarma Yönteminin Tahmininde Karar Ağaçları Modelinin Kullanılması” başlıklı bu çalışmada ormancılık çalışmalarında ekonomik ve zamansal açıdan önemli bir yeri bulunan bölmeden çıkarma (BÇ) çalışmalarının istenilen koşullar altında gerçekleşmesi için yöntem belirlemede çağımızın en önemli bilgi kaynaklarından olan Makine Öğrenmesinin (MÖ) kullanılması, belirlenen yönteme göre ilgili arazilerdeki BÇ maliyeti ve işin tamamlanma sürelerinin tahmini amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tezin bu kısmında araştırmanın sınırlandırılması, araştırmanın planlanması, materyal, yöntem, kontrol arazilerine gidilerek çalışmalara ait verilerin elde edilmesi, plana göre modelin başarısının belirlenmesi konuları anlatılmaktadır.

2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması

Ülkemizde kullanılan BÇ yöntemlerine ait insan ve/veya makinaların çalışma standartları, ekonomiklik ve zamansal kazanım dikkate alınarak çalışılmıştır. Çalışma kapsamında Artvin Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan BÇ çalışmaları izlenmiş, veri setinin oluşturulmasında altlık olarak kullanılmıştır.

BÇ çalışmalarında sürütme mesafesi, arazi eğimi, taşıma/sürütme yönü, arazi engeli, diri örtü, zemin durumu ve çıkarılacak ürün miktarı dikkate alınmıştır.

2.2. Araştırmanın Planlanması

Çalışmada veri setinin oluşturulması amacıyla yüzde (%) cinsinden belirlenen arazi eğimleri IUFRO eğim gruplarına göre karşılığı alınarak kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında hava hatları için kısa, orta ve uzun mesafeli hava hatları izlenmiştir. Çalışma prensiplerine göre sırasıyla 0-300 m, 300-800 m ve >800 m mesafeler dikkate alınmıştır. BÇ yönü aşağıdan yukarı doğru olan durumlar için kullanılan bu standart değerler KMH için yukarıdan aşağı yönde yapılan çalışmalarda dikkate alınmamıştır (Gümüş, 2018).

Traktörlerle BÇ çalışmaları sürütme engeli olmayan araziler için yukarıdan aşağı yönde doğrudan zemin üzerinde sürütme IUFRO eğim gruplarından 1-4 arası eğim grupları, aşağıdan yukarı yönde doğrudan zemin üzerinde sürütme için 1-2 eğim grupları dikkate alınmıştır (Yıldırım & Engür, 1989). Traktörlerle kablo çekimi ile BÇ için sürütme engeli olmayan alanlarda aşağıdan yukarı yönde BÇ çalışmalarında, etkin çalışma mesafesi olan 120 m'ye kadar olan alanlar için değerlendirme yapılmıştır (Acar, 2017; Bayoğlu, 1972).

Taşınabilir el vinci için küçük standartlara sahip odun hammaddesinin (b çağındaki meşcereler) aşağıdan yukarı yönde 100 m'ye kadar olan mesafelerde herhangi bir aparat

takılmaksızın kullanımı dikkate alınmıştır (Öztürk & Şentürk, 2021). Eğim sınırlandırması yapılmamıştır.

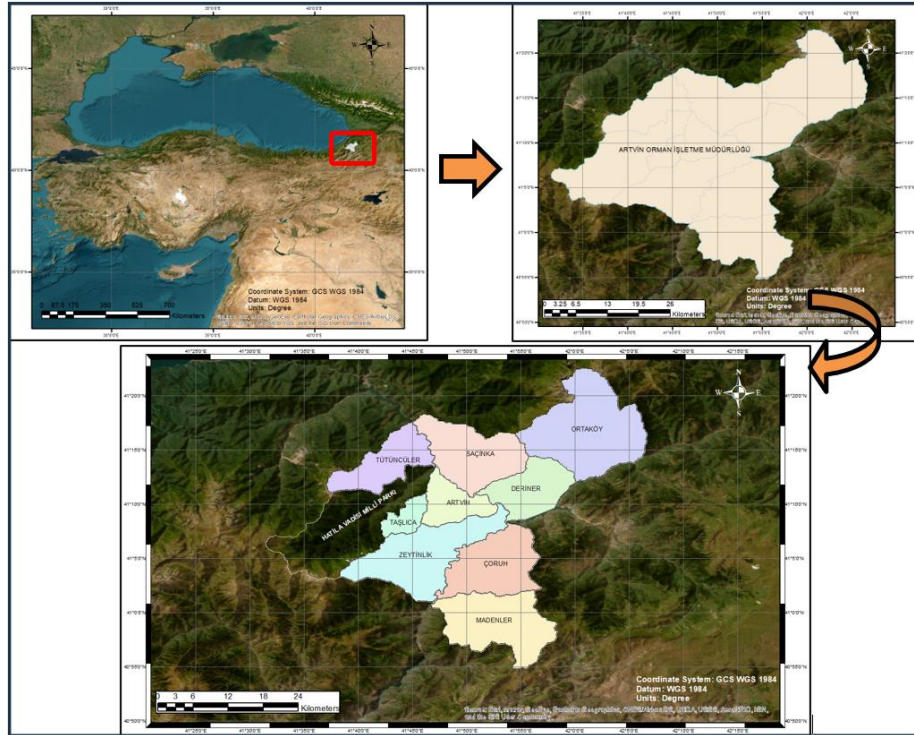
İnsan gücü kullanılarak yapılan BÇ çalışmalarında sürütme yapılabilen, arazi engeli olmayan alanlarda yukarıdan aşağı yönde yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

Oluk sistemi kurularak yapılan BÇ çalışmaları için yukarıdan aşağı yönde yapılacak çalışmalar (Acar, 2004) için 500 m mesafeye kadar olan alanlar ve b-c çağlarındaki meşcereler değerlendirme kapsamına alınmıştır. Tesisi sırasında istenilen eğim sağlanabileceği için eğim sınırlandırması yapılmamıştır.

2.3. Materyal

2.3.1. Araştırma Alanlarının Tanımı

Çalışma kapsamında Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Artvin Orman İşletme Müdürlüğü bünyesindeki Artvin Orman İşletme Şefliği (OİŞ), Çoruh OİŞ, Deriner OİŞ, Madenler OİŞ, Ortaköy OİŞ, Saçinka OİŞ, Taşlıca OİŞ, Tütüncüler OİŞ ve Zeytinlik OİŞ olmak üzere 9 adet orman işletme şefliği seçilmiştir (Şekil 12). Hatila Milli Park Şefliğinde çalışma yapılmamıştır. Çalışma alanlarında üretime konu edilen ağaçlar genel olarak Ladin, Kayın, Sarıçam ve Göknar ağaçlarıdır.



Şekil 12. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü Çalışma Alanları

Artvin OİŞ, 160-2047 m yükselti arasında, 41° 07' 53" - 41° 13' 28" Kuzey enlemleri, 41° 45' 46" - 41° 52' 57" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Şeflik Artvin-F47c1 ve Artvin-F47c2 paftaları içinde bulunmaktadır (EK Şekil 1). Toplam şeflikteki orman alanı 4245,9 ha, normal kapalı orman alanı 3624,2 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 1063,2 ha'dır (Tablo 5).

Tablo 5. Artvin OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	619,2	20,3	19,4	658.9
	B İşletme Sınıfı	444,0	5,1	32,4	481.5
Ekolojik	C İşletme Sınıfı	120,7	117,4	200,3	438.4
	D İşletme Sınıfı	45,8	-	-	45.8
	E İşletme Sınıfı	90,3	16,0	-	106.3
	F İşletme Sınıfı	1376,1	151,4	24,4	1551.9
	G İşletme Sınıfı	52,7	1,7	4,1	58.5
Sosyo Kültürel	H İşletme Sınıfı	21,3	2,1	13,1	36.5
	I İşletme Sınıfı	323,5	7,3	2,2	333.0
	J İşletme Sınıfı	530,6	2,1	2,4	535.1
TOPLAM		3624,2	323,4	298,3	4245,9

Çoruh OİŞ, 250-2413 m yükselti arasında, 41° 00' 45" - 41° 08' 24" Kuzey enlemleri, 41° 46' 43" - 41° 56' 55" Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 2). Şeflik Artvin-F47c2, Artvin-F47c3 ve Artvin-F47c4 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 9501.4 ha, normal kapalı orman alanı 4600.6 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 2256.9 ha'dır (Tablo 6).

Tablo 6. Çoruh OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021a).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	1297,9	156,2	31,9	1486.0
	B İşletme Sınıfı	630,7	36,1	7,9	674.7
	C İşletme Sınıfı	328,3	-	-	328.3
Ekolojik	D İşletme Sınıfı	372,1	476,9	220,7	1069.7
	E İşletme Sınıfı	1971,6	3739,3	231,8	5942.7
TOPLAM		4600,6	4408,5	492,3	9501,4

Deriner OİŞ, 203-2221 m yükselti arasında, 41° 50' 36'' – 42° 00' 11'' Kuzey enlemleri, 41° 08' 25'' – 41° 14' 25'' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 3). Şeflik Artvin-F47c1, Artvin-F47c2 ve Ardahan-F48d1 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 6707.9 ha, normal kapalı orman alanı 3409,4 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 2136,1 ha'dır (Tablo 7).

Tablo 7. Deriner OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021b).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	832,6	101,9	0,9	935,4
	B İşletme Sınıfı	265,4	-	-	265,4
	C İşletme Sınıfı	377,6	7,4	7,8	392,8
	D İşletme Sınıfı	660,5	-	-	660,5
Ekolojik	E İşletme Sınıfı	137,4	-	-	137,4
	F İşletme Sınıfı	1134,0	2545,0	590,4	4269,4
Sosyo Kültürel	G İşletme Sınıfı	1,9	1,8	-	3,7
	H İşletme Sınıfı	-	43,3	-	43,3
TOPLAM		3409,4	2699,4	599,1	6707,9

Madenler OİŞ, 250-2833 m yükselti arasında, 40° 56' 21" - 41° 02' 05" Kuzey enlemleri, 41° 46' 43" - 41° 58' 25" Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 4). Şeflik Artvin-F47c3, F47c4, G47b1 ve G47b2 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 10360,4 ha, normal kapalı orman alanı 3953,5 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 1405,9 ha'dır (Tablo 8).

Tablo 8. Madenler OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021c).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	709,9	90,6	30,1	830,6
	B İşletme Sınıfı	347,3	-	-	347,3
	C İşletme Sınıfı	348,7	-	-	348,7
Ekolojik	D İşletme Sınıfı	2547,6	5929,1	357,1	8833,8
TOPLAM		3953,5	6019,7	387,2	10360,4

Ortaköy OİŞ, 327-3414.8 m yükselti arasında, 41° 54' 33'' – 42° 06' 42'' Kuzey enlemleri, 41° 12' 04'' – 41° 22' 41'' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil

5). Şeflik Artvin-F47c2, F47b3, Ardahan-F48a1, F48a4, F48d1 ve F48b3 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 14313,5 ha, normal kapalı orman alanı 4679,6 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 2946,5 ha'dır (Tablo 9).

Tablo 9. Ortaköy OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021d).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	1042,5	65,6	6,0	1114.1
	B İşletme Sınıfı	404,4	4,3	-	408.7
	C İşletme Sınıfı	1462,3	-	18,6	1480.9
	D İşletme Sınıfı	37,3	221,8	11,2	270.3
Ekolojik	E İşletme Sınıfı	143,9	28,5	8,4	180.8
	F İşletme Sınıfı	1589,2	7415,0	1854,5	10858.7
TOPLAM		4679,6	7735,2	1898,7	14313,5

Saçinka OİŞ, 185-2469 m yükseltiler arasında, 41° 45' 03'' – 41° 55' 47'' Kuzey enlemleri, 41° 08' 32'' – 41° 18' 24'' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 6). Şeflik Artvin-F47b3, F47b4, F47c1 ve F47c2 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 9542,6 ha, normal kapalı orman alanı 6829,0 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 4232,5 ha'dır (Tablo 10).

Tablo 10. Saçinka OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021e).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	478,9	46,4	36,6	561.9
	B İşletme Sınıfı	2047,1	89,0	97,3	2233.4
	C İşletme Sınıfı	1706,5	70,7	24,6	1801.8
Ekolojik	D İşletme Sınıfı	200,0	-	-	200.0
	E İşletme Sınıfı	2394,0	1934,3	397,9	4726.2
Sosyo Kültürel	F İşletme Sınıfı	2,5	16,8	-	19.3
TOPLAM		6829,0	2157,2	556,4	9542,6

Taşlıca OİŞ, 570-2296 m yükseltiler arasında, 41° 06' 56''- 41° 10' 58'' Kuzey enlemleri, 41° 42' 05''- 41° 46' 28'' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 7). Şeflik Artvin-F47c1, F47c4, F47d2 ve F47d3 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam

şeflikteki orman alanı 2296,3 ha, normal kapalı orman alanı 2063,2 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 1598,2 ha'dır (Tablo 11).

Tablo 11. Taşlıca OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021f).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	218,6	4,1	-	222,7
	B İşletme Sınıfı	1361,8	37,6	5,6	1405,0
	C İşletme Sınıfı	17,8	-	-	17,8
Ekolojik	D İşletme Sınıfı	152,3	92,5	18,3	236,1
	E İşletme Sınıfı	312,7	42,2	32,8	387,7
TOPLAM		2063,2	176,4	56,7	2296,3

Tütüncüler OİŞ, 130-2887 m yükseltiler arasında, 41° 10' 51" - 41° 17' 37" Kuzey enlemleri, 41° 37' 06" - 41° 47' 15" Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 8). Şeflik Artvin F47a3, F47b4, F47c1, F47d1 ve F47d2 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 6488,3 ha, normal kapalı orman alanı 4693,8 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 1751,9 ha'dır (Tablo 12).

Tablo 12. Tütüncüler OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021g)

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	1264,1	40,4	-	1304,5
	B İşletme Sınıfı	487,8	20,5	1,9	510,2
Ekolojik	C İşletme Sınıfı	587,1	918,5	290,6	1796,2
	D İşletme Sınıfı	2310,4	421,2	65,7	2797,3
Sosyo Kültürel	E İşletme Sınıfı	44,4	35,7	-	80,1
TOPLAM		4693,8	1436,3	358,2	6488,3

Zeytinlik OİŞ, 250-3224 m yükseltiler arasında, 41° 01' 02" - 41° 10' 08" Kuzey enlemleri, 41° 38' 17" - 41° 54' 01" Doğu boylamları arasında yer almaktadır (EK Şekil 9). Şeflik ARTVİN-F47c1, F47c2, F47c3, F47c4, F47d3 paftaları içinde bulunmaktadır. Toplam şeflikteki orman alanı 12724,8 ha, normal kapalı orman alanı 7041,2 ha olup üretim fonksiyonu olan alan 4179,8 ha'dır (Tablo 13).

Tablo 13. Zeytinlik OİŞ Alanların İşletme Sınıflarına Dağılımı (Anonim, 2021h).

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Normal Kapalı	Boşluklu Kapalı	Ağaçsız Orman Alanı	Genel Toplam
		Hektar	Hektar	Hektar	Hektar
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	1509,1	179,6	14,3	1703.0
	B İşletme Sınıfı	1502,6	68,8	23,5	1594.9
	C İşletme Sınıfı	430,6	126,4	2,8	559.8
	D İşletme Sınıfı	737,5	-	-	737.5
Ekolojik	E İşletme Sınıfı	100,7	542,8	16,1	659.6
	F İşletme Sınıfı	2760,7	3743,7	965,6	7470.0
TOPLAM		7041,2	4661,3	1022,3	12724,8

2.3.2. Araştırmada Kullanılan Ekipman ve Formlar

Arazi çalışmaları sırasında verilerin ölçülmesi ve toplanması için klizimetre, çelik şerit metre, GPS, kronometre ve telsiz kullanılmıştır (Şekil 13). BÇ yapılan arazi eğiminin ölçülmesinde klizimetre, taşıma sürütme mesafelerinin belirlenmesinde çelik şerit metre, BÇ güzergahının ofis çalışmalarında belirlenebilmesi için GPS, çalışma iş zamanlarının kaydedilmesi için başlangıçta kronometre, çalışan işçilerin iş adımlarındaki iletişimlerini takip edebilmek için de telsiz kullanılmıştır. Kronometre çalışmaların başında kullanılmış olsa da ilerleyen aşamalarda BÇ çalışmalarında günlük üretim miktarları kullanılmıştır.



Şekil 13. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Ekipman

Arazilerin değişken durumlarının ortaya konulması için oluşturulan etüt formları kullanılmıştır. Ölçümlerin çalışmanın ikinci aşamasını oluşturan ofis çalışmalarında kullanılabilmesi için BÇ yöntemlerine göre formlar oluşturulmuştur (EK Tablo 1, 2 ve 3).

2.3.3. Kullanılan Yazılım ve Donanımlar

Yapılan BÇ çalışmalarına ait verilerin ofis ortamında işlenebilmesi için bilgisayar yazılımları kullanılmıştır. KA modelinin oluşturulabilmesi için RapidMiner paket programı kullanılmıştır. Arazi verilerinin sınıflandırılmasında, tabloların oluşturulmasında ve verilerin RapidMiner yazılımında kullanılabilmesi için Microsoft Office Excel yazılımı kullanılmıştır. KA modelinin oluşturulması sonrasında modelin başarısını hesaplamak için kontrol arazileri olarak kullanılacak alanların sayısal arazi modellerinin elde edilmesinde ArcGIS 10.2 CBS yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS yazılımında oluşturulan kontrol arazilerindeki sürütme yönü ve mesafesinin tayini için Google Earth Pro açık kaynak kodlu yazılımı kullanılmıştır.

Oluşturulan KA modelinin kolay ulaşılabilir ve uygulanabilir olması için Android tabanlı mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın geliştirilmesi aşamasında Android Studio, Java ve .xml kullanılmıştır.

2.3.4. Mobil Uygulamada Kullanılan Veriler

KA modeli sonuçlarının mobil uygulama ile daha pratik elde edilmesinde birim maliyet ve yaklaşık üretim miktarı verileri tanımlanmıştır. Literatür ve arazi çalışmalarından elde veriler kullanılmıştır. Mobil uygulamada kullanılan BÇ yöntemlerine göre günlük verimlilik değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 14, Tablo 15, Tablo 16, Tablo 17, Tablo 18 ve Tablo 19) (Erdaş & Acar, 1995; Acar, 1995; Öztürk, 1996; Aykut vd., 1997; Acar vd., 2002; Çağlar, 2002; Öztürk, 2003; Çağlar & Acar, 2004; Eker, 2004; Öztürk, 2004; Öztürk & Demir, 2005; Değermenci, 2007; Öztürk & Demir, 2007; Şentürk vd., 2007; Öztürk, 2009; Acar vd., 2010; Gümüş & Acar, 2010; Öztürk & Şentürk, 2010; Öztürk, 2014; Öztürk & Şentürk, 2016; Gülci vd., 2017; Bilici vd., 2019; Taş & Akay, 2020; Öztürk & Şentürk, 2021; Yılmaz vd., 2022; Yılmaz vd., 2023).

Tablolarda BÇ yöntemlerini temsil eden kısaltmalar; İG (İnsan Gücü ile BÇ), OLK (Plastik Oluk Sistemi ile BÇ), ELV (Mobil El Vinci ile BÇ), OTC (Traktörle Kablo Çekimi ile BÇ), OTS (Traktörle Zeminde Sürütme ile BÇ), KMH (Kısa Mesafeli Hava Hattı ile BÇ), OMH (Orta Mesafeli Hava Hattı ile BÇ) ve UMH (Uzun Mesafeli Hava Hattı ile BÇ)'dir.

Tablo 14. Mobil El Vinci ile BÇ Günlük Üretim Miktarları

Yöntem	Sürütme Aralığı	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim
	m		m ³		m ³		m ³		m ³		m ³
ELV	0-25	1	45	2	44	3	40	4	36	5	31
	26-50		36		35		32		28		25
	51-75		32		31		25		23		22
	76-100		29		28		20		19		17

Tablo 15. İnsan Gücü ile BÇ Günlük Üretim Miktarları

Yöntem	Sürütme Aralığı	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim
	m		m ³		m ³		m ³		m ³		m ³
IG	0-100	1	22	2	23	3	25	4	28	5	35
	101-150		19		21		23		26		33
	151-200		17		19		21		24		31
	201-250		15		17		19		22		29
	251-300		14		15		18		20		28
	301-350		12		14		16		19		26
	351-400		10		13		15		17		24
	401-450		8		11		14		16		23
	>450		7		10		13		15		21

Tablo 16. Plastik Oluk Sistemi ile BÇ Günlük Üretim Miktarları

Yöntem	Sürütme Aralığı	Günlük Üretim
	m	m ³
OLK	0-100	68
	101-150	56
	151-200	52
	201-250	43
	251-300	35
	301-350	31
	351-400	25
	401-450	23
	>450	20

Tablo 17. Traktörle Kablo Çekimi ile BÇ Günlük Üretim Miktarları

Yöntem	Sürütme Aralığı	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim	Eğim	Günlük Üretim
	m		m ³		m ³		m ³		m ³		m ³
OTC	0-30	1	72	2	71	3	65	4	58	5	55
	31-60		70		68		62		52		53
	61-90		65		63		58		43		50
	91-120		58		55		50		40		36

Tablo 18. Traktörle Zemin Üzerinde Sürütme ile BÇ Günlük Üretim Miktarları

Yöntem	Sürütme Aralığı	Eğim	BÇ Yönüne Göre Günlük Üretim (m³)		Eğim	BÇ Yönüne Göre Günlük Üretim (m³)		Eğim	BÇ Yönüne Göre Günlük Üretim (m³)	Eğim	BÇ Yönüne Göre Günlük Üretim (m³)
	m		YA	AY		YA	AY		YA		YA
OTS	0-100	1	92	91	2	90	88	3	88	4	86
	101-150		85	84		83	82		81		79
	151-200		79	79		78	77		77		76
	201-250		75	75		74	73		73		72
	251-300		72	71		70	69		68		66
	301-350		70	70		66	65		62		58
	351-400		65	64		61	60		57		53
	401-450		62	61		57	55		52		47
	451-500		58	57		54	53		50		46
	>500		53	52		50	48		47		44

Tablo 19. Hava Hatları ile BÇ Günlük Üretim Miktarları

Yöntem	Taşıma Aralığı	Sürütme Engeline Göre Günlük Üretim (m³)		Yöntem	Taşıma Aralığı	Sürütme Engeline Göre Günlük Üretim (m³)		Yöntem	Taşıma Aralığı	Sürütme Engeline Göre Günlük Üretim (m³)	
	m	var	yok		m	var	yok		m	var	yok
KMH	0-100	52	58	OMH	0-100	66	72	UMH	800-850	27	33
	101-150	48	55		101-150	63	69		851-900	25	31
	151-200	44	50		151-200	60	66		901-950	23	29
	201-250	40	46		201-250	57	63		951-1000	21	27
	251-300	36	42		251-300	54	60		1001-1050	19	25
					301-350	51	57		1051-1100	18	24
					351-400	48	54		1101-1150	17	23
					401-450	45	51		1151-1200	16	22
					451-500	42	48		>1200	14	20
					501-550	39	45				
					551-600	36	42				
					601-650	33	39				
					651-700	30	36				
					701-750	27	33				
					751-800	24	30				

Mobil uygulamada kullanılan maliyet verileri, literatür çalışmalarından, 310 Sayılı Tebliğ'den (OGM, 2019) ve OGM tarafından yayınlanan birim maliyet cetvellerinden (OGM, 2023) elde edilen veriler kullanılarak belirlenmiştir. BÇ yöntemlerine göre temin edilen maliyet değerleri ortalamaları alınarak \$/m cinsinden hesaplamalarda kullanılmıştır (Tablo 20).

Hesaplamalar, tebliğdeki formülde ilgili üretim makinesi (traktör) için ortalama sürütme mesafesi değeri sabit tutularak ve yüzde cinsinden (%) eğim değerleri 1-100 arasında değiştirilerek hesaplanmıştır. Her bir eğim değerine ait sürütme birim maliyeti IUFRO eğim gruplarına göre yani 1. grup için %1-10 arasındaki değerlerin ortalaması alınmış daha sonra birim maliyetlerin alındığı Haziran 2023 tarihinde ki dolar kuruna göre karşılığı hesaplanmıştır. Son olarak ortalama sürütme mesafesi olarak alınan değere bölünerek 1 m mesafe için sürütme maliyetleri dolar cinsinden hesaplanmıştır. İnsan gücü kullanılarak yapılan çalışmalar için ise makine birim maliyeti ve makine çalışma zamanı değerleri alınmaksızın ilgili formülle hesaplanmıştır. Diğer adımlar makineli çalışmalarda olduğu gibi yapılarak 1 m mesafe için sürütme birim maliyetleri hesaplanmıştır.

Makineli çalışma için (traktörler) 310 Sayılı “Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ”den alınarak kullanılan formül aşağıda verilmiştir (Eşitlik 1). Makine kullanılmayan İG kullanılarak yapılan çalışmaları için kullanılan formül Eşitlik 2’de verilmiştir.

Tebliğ’den alınamayan diğer BÇ yöntemleri için yapılan hesaplamalar literatür çalışmalarındaki sürütme mesafelerine göre ortalamaları alınarak 1 m mesafedeki taşıma/sürütme birim maliyetleri hesaplanmıştır.

$$\text{Sürütme Birim Fiyatı (TL/m}^3\text{)} = \frac{(MBM \times M\check{C}Z)}{60} + \frac{(\dot{I}BM \times \dot{I}\check{C}Z)}{60} \quad (1)$$

$$\text{Sürütme Birim Fiyatı (TL/m}^3\text{)} = \frac{(\dot{I}BM \times \dot{I}\check{C}Z)}{60} \quad (2)$$

Tablo 20. BÇ Yöntemlerine Göre 1 Metrelik Taşıma/Sürütme Maliyeti

BÇ Yöntemi	Eğim (IUFRO)	Maliyet (\$/m)
IG	1	0,04823
	2	0,04697
	3	0,04513
	4	0,04297
	5	0,03815
ELV	1	0,03500
	2	0,03620
	3	0,03840
	4	0,04200
	5	0,04600
OLK	1	0,01855
	2	0,01722
	3	0,01663
	4	0,01553
OTC	1	0,07319
	2	0,07526
	3	0,07764
	4	0,08074
	5	0,08766
OTS	1	0,01927
	2	0,02086
	3	0,02268
	4	0,02506
KMH	1	0,02837
	2	0,03036
	3	0,03182
	4	0,03295
	5	0,03411
OMH	1	0,01692
	2	0,01785
	3	0,01962
	4	0,02105
	5	0,02195
UMH	1	0,01076
	2	0,01125
	3	0,01211
	4	0,01295
	5	0,01382

2.4. Yöntem

Ormancılık çalışmalarında yapılan BÇ çalışmaları farklı ve zorlu arazi koşullarında gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple zor ve zaman alan işler olmasının yanında tehlikeli ve

maliyetli işlerdendir. Yapılan model ile değişken, zor ve tehlikeli olan bu çalışmaların çok kriterli karar sistemlerinden olan yapay zekâ ile aşılmasına çalışılmıştır. Arazi çalışmalarından elde edilen veriler ile literatürden elde edilen veriler birlikte değerlendirilerek veri seti oluşturulmuştur. Veri seti oluşturulurken arazilerdeki BÇ çalışmalarında yöntemi belirleyen etkenler dikkate alınmıştır.

BÇ yöntemlerindeki arazi koşullarına göre;

- İnsan gücü ile yapılan çalışmalarda yukarıdan aşağı yönde ürünlerin kaydırılması dikkate alınmıştır. Sürütme engeli olmayan alanlarda ıslak veya kuru zeminlerde yapılabilen BÇ çalışmaları izlenmiştir ve bu durum dikkate alınarak veri setinde değerlendirilmiştir (Yıldırım & Engür, 1989).

- Traktörle yapılan çalışmalarda BÇ yönüne göre arazi koşulları dikkate alınmıştır. Yukarıdan aşağı doğru yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında %45 eğimlerde doğrudan zemin üzerinde sürütme yapabilen traktörler için sürütme engeli, zemin durumu, diri örtü gibi koşullar dikkate alınmıştır. Aşağıdan yukarı doğru yapılan BÇ çalışmalarında %20 eğimlerde doğrudan zemin üzerinde sürütme yapabilen traktörler (Yıldırım & Engür, 1989) için arazi engeli, zemin durumu, diri örtü varlığı dikkate alınmıştır. Eğimin daha yüksek olduğu durumlarda yaklaşık 120 m mesafeye kadar (Bayoğlu, 1972; Acar, 2017) olan ürünler için yukarıda sayılan arazi koşulları dikkate alınmış ve sürütme engeli olmayan durumlarda çalışmaların varlığı veri setine eklenmiştir.

- Kısa mesafeli hava hatları için 300 m'ye kadar (Öztürk, 2003) olan mesafelerdeki ağaçların aşağıdan yukarı doğru BÇ yapılması koşulları dikkate alınmıştır. Sürütme engeli olan sahalarda yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır.

- Orta mesafeli hava hatları için 300-800 m mesafelerde (Erdaş, 2008) hem aşağıdan yukarı hem de yukarıdan aşağı yönde yapılan BÇ çalışmaları dikkate alınmıştır. Yukarıdan aşağı yönde yapılan çalışmalarda sürütme engeli olan alanlar, ürün miktarının fazla olduğu, traktörle sürütmenin mümkün olmadığı, olukla sürütme için ise ürün boyutlarının uygun olmadığı alanlarda kullanılmıştır. Aşağıdan yukarı yapılan çalışmalarda da sürütme engeli olan ya da traktörle kablo çekimi için uzak olan alanlar dikkate alınmıştır (Bayoğlu, 1972).

- Uzun mesafeli hava hatları ile yapılan çalışmalarda 800 m'den uzun sürütme mesafesine sahip alanlarda yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Her iki yönde de yapılan çalışmalar incelenmiştir (Erdaş, 2008).

- Taşınabilir el vinci ile yapılan BÇ çalışmalarında literatürde yapılan araştırmalar incelenmiş ve bunlara göre veri seti oluşturulmuştur. Aşağıdan yukarı yönde yapılan BÇ

çalışmalarında kullanılan el vinci ile 100 m'ye kadar olan mesafelerdeki, sürütme engeli olmayan ince ağaçlar dikkate alınmıştır (Öztürk & Şentürk, 2021).

- Plastik oluklarla yapılan BÇ çalışmalarında literatür incelemesi yapılmış ve ince ağaçların yukarıdan aşağı yönde çıkarılması dikkate alınmıştır (Acar, 2004).

2.4.1. Arazi Çalışmaları Öncesi Hazırlıkların Yapılması

Arazi çalışmaları öncesinde literatür çalışmaları yapılarak BÇ'ya etki eden unsurlar değerlendirilmiştir (Acar, 2017). Buna göre arazi etüt karneleri oluşturulmuştur. Etüt karneleri oluşturulurken çalışma sahasına ait bilgiler amenajman planlarından ve araziden alınan bilgilerden yararlanılmıştır. Amenajman planlarından alınan veriler meşcere tipi, çağ, kapalılık ve eğim değerleridir. Oluşturulan etüt karnelerinde BÇ verimliliği değerlendirmesi yapılmıştır. Amenajman planlarından alınan eğim değerlerinin arazide kontrolleri yapılmıştır buna ek olarak araziden alınan sürütme mesafesi, BÇ yönü, ürün miktarı ve zaman değerleridir. Çalışma yapılacak araziler için işletme şefliklerine gidilerek çalışma yapılan bölgelerde hangi BÇ yönteminin kullanıldığı, hangi bölme ve meşcere olduğuna ait bilgiler alınmıştır. Bu bilgiler ışığında arazi çalışmaları planlaması yapılmıştır. Amenajman planlarındaki ve araziden alınacak verileri gösteren tablo ile arazi çalışmalarına başlanmıştır (Şekil 14).

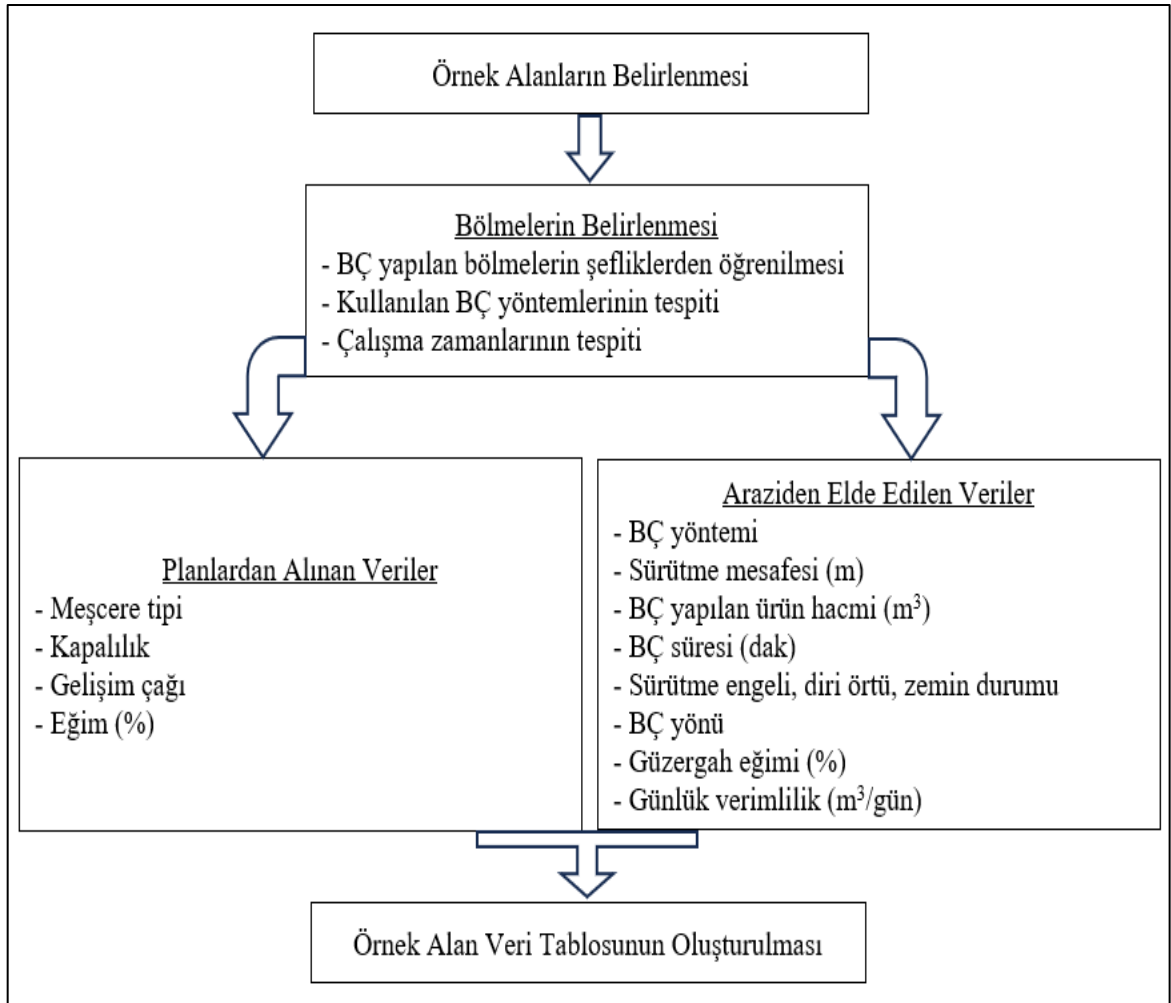
Bölme No: 38
 Meşcere Tipi: 4542-1503
 Maks Sür. Mes.: 100m
 Arazi Eğimi ve Bakı: %25,6-100
 Traktör/Arvin Vinci ile Kablo Çekimi
 Arazi Etüt Karnesi
 Şeflik: 7022012
 Tarih: 22.06.20

No	Kablonun Yüke Gitmeye	Yükün Kabloya Bağlanması	Yükün Rampaya Çekilmesi	Yükün İstif Yerine Taşınması	Yükün Çözülmesi	Aracın Yerleşmesi	Ağaç Cinsi	Parça Sayısı	Hacim	Sürütme Mesafesi	Zaman Kayıpları (takılma, bekleme arızası)	Toplam Zaman	
	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)		Adet	m3	m	(sn)	(sn)	(dk)
1	76	16	78	87	14	48	L	1	2,1	60	30, 75,	434"	
2	32	12	98	104	16	76	L	1	2,4	80	30, 20,	538"	
3	112	22	130	110	12	80	L	1	2,2	75	45, 170	681"	
4	70	14	160	100	10	98	L	1	1,2	55	20, 55,	587"	
5	110	15	182	55	21	65	L	2	2,4	50	65, 85,	618"	
6	105	13	117	72	18	72	L	1	2,1	65	70, 50,	550"	
7	75	11	86	70	10	68	L	1	2,3	40	50, 85,	515"	
8	102	14	125	78	15	68	L	1	1,6	60	30, 50,	582"	

Şekil 14. Arazi Etüt Karnesi

2.4.2. Veri Setini Oluşturacak Bilgilerin Arazi Çalışmaları ile Toplanması

Elde edilen etüt karneleri ile çalışma planı yapılan arazilere gidilerek BÇ çalışmaları sırasında incelemeler yapılmıştır. Çalışma alanına ait konumsal veriler, BÇ yapılan ağaçlara ait sürütme mesafeleri, BÇ güzergâhı eğimi, çıkarılan ürün hacmi, tur zamanı, zemin durumu, arazi engeli ve diri örtü varlığına göre kriterler arazi etüt karnelerinde olduğu şekli ile belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Örnek Alan Veri Tablosunun Oluşturulması

Arazi çalışmalarından elde edilen verilere bağlı olarak elde edilen tablo çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan parametrelerin tamamı tabloya işlenmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Örnek Alan Tablosu

	Eğim	Taşıma/Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönlü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2: 11-20 3: 21-33 4: 34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
1															
2															
...															
500															

2.4.3. Veri Tabanının Oluşturulması

Araziden elde edilen verilerden oluşturulan tablolardaki örnek sayısının literatür ve uzman görüşü destekli olarak artırılması ile veri tabanı üretilmiştir. Veri setinin artırılması her türlü arazi senaryosu oluşturularak karar BÇ yöntemleri belirlenerek yapılmıştır. Sonraki aşamada veri tabanı Karar Ağacı (KA) modeli oluşturulması için kullanılmıştır. KA modeli için kullanılan veri sayısı BÇ yöntemi dikkate alındığında 500 adet olarak belirlenmiştir.

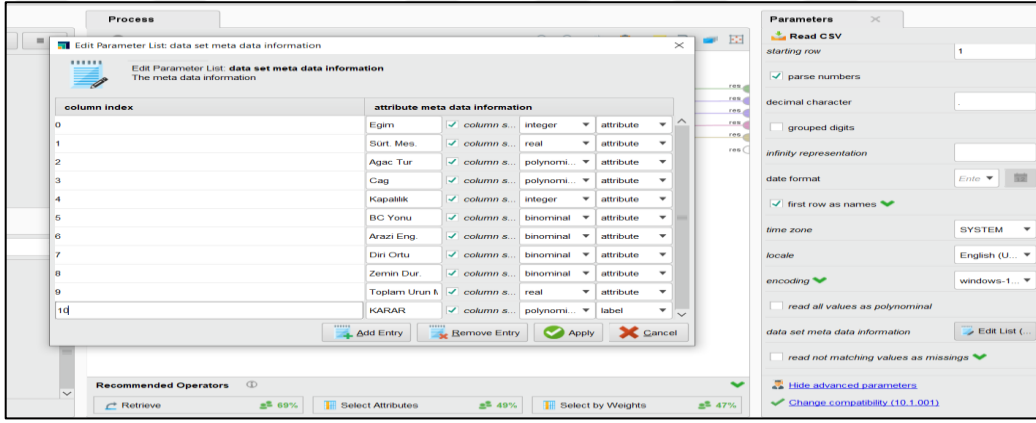
2.4.4. RapidMiner Programı ile Karar Ağacı Oluşturulması

RapidMiner Programı kullanılarak KA modeli oluşturulmuştur. RapidMiner'in avantajı çeşitli algoritmaları uygulayabilmek ve veri görselleştirme özelliklerini bir araya toplayabilmektir ayrıca diğer yazılımlarla karşılaştırıldığında hızlı sürede hesaplama açısından çok kolay ve verimlidir (Wahyuni vd., 2017).

KA modeli oluşturulurken eğitim/test verilerinin bulunduğu örnek alan tablosunun programda kullanılabilmesi için CSV uzantılı olarak kaydedilerek koşturulmuştur. Cross Validation modülü kullanılarak veriler 5 bölüm olarak işleme alınmıştır. En iyi performans değerine sahip veri dağılımları karar modeli için seçilmiştir. Model oluşturmada kullanılan kriterler Information Gain (Bilgi Kazanımı), Gini İndeks ve Accuracy olmuştur. Üç kriter değeri de ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Information Gain kriteri, entropiye dayanır. Bir sınıfın entropisi ile sınıfın ve seçilen özelliğin koşullu entropisi arasındaki farktır (Tangirala, 2020).

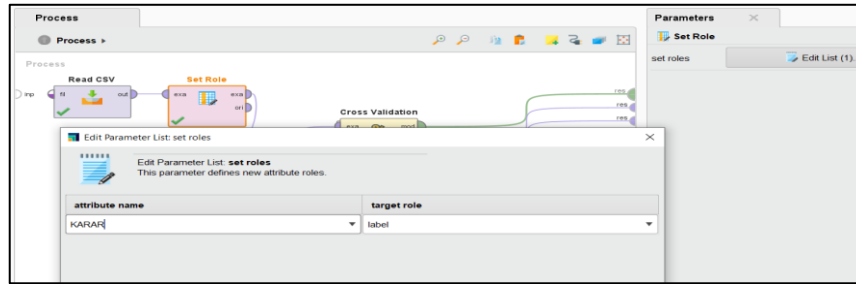
GINI indeksi ise belirli bir özelliğe göre bölündükten sonra belirli bir sınıfın saflığını belirler (Turban vd., 2011).

Veri setinin oluşturulması sonrasında veriler Microsoft Office Excel programı içerisinde tablo haline getirildikten sonra “.csv” uzantısı ile kaydedilmiştir. Kayıt sonrasında RapidMiner programında “Read CSV” komutu kullanılarak programa alınmıştır. Programa alınan dosya içerisinde bulunan arazi verileri “edit list” komutu üzerinden düzenlenmiştir. Çalışmanın temelini oluşturan BÇ yönteminin bulunduğu KARAR sütunu “label”, ikiden fazla harf seçeneği bulunan sütunlar “polynominal”, iki harf seçeneği olan sütunlar “binominal”, eğim sınıfı ve kapalılık gibi sınıflandırma yapılmış sütunlar “integer” ve sürekli değişken olan sayısal sütunlar da “real” olarak programda tanımlanmıştır (Şekil 16).



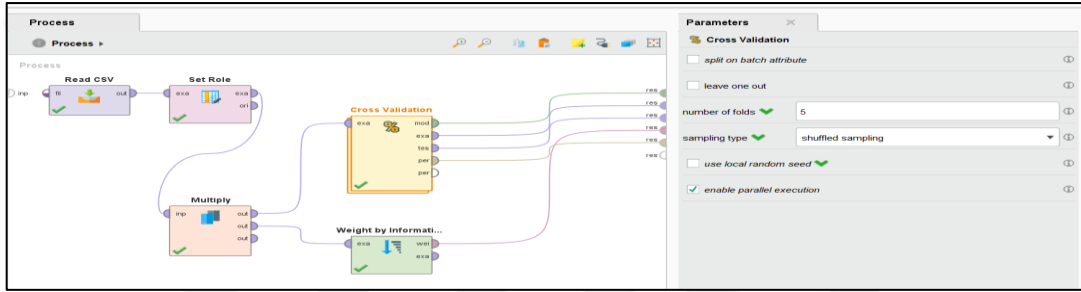
Şekil 16. CSV Uzantılı Örnek Verilerin Türlerinin Girilmesi

Veri setinin programa işlenmesi sonrası sonuçların istenilen parametre için sonuç vermesi amacı ile “Set Role” modülü eklenmiştir. Eklenen modül içerisinde “Edit List” komutu kullanılarak KARAR katmanı olan BÇ yöntemleri “label” olarak seçilmiştir (Şekil 17).



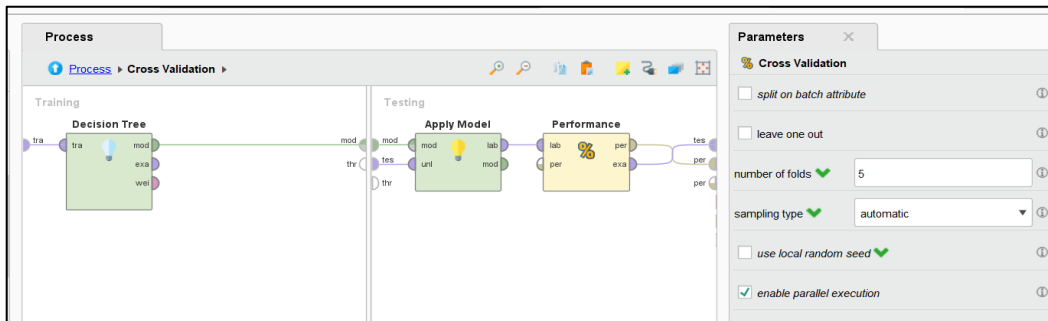
Şekil 17. Veri Setinde BÇ Yönteminin Olduğu Sütunun "label" Olarak Girilmesi

Sisteme alınan verilerin ağırlıklarının belirlenmesi için “Weight by information gain” operatörü, verilerin hem karar ağacı operatörüne gönderilebilmesi hem de ağırlıklarının belirlenmesi için gönderilmesini sağlayacak “Multiply” operatörü eklenmiştir. Karar ağacı operatörünün koşturulması sırasında verilerin eğitim ve test verileri olarak dağıtılması amacı ile “Cross Validation” operatörü eklenmiştir. Bu modül ile verilerin dağılımında %80 eğitim %20 test verisi kullanılması planlanmıştır. Bu dağılımın belirli bir düzende olmaması karışık olarak verilerin seçilmesi için “shuffled sampling” komutu kullanılmıştır. Bu sayede veriler sürekli olarak 5’e bölünmüş ve 4 parçası eğitim verisi 1 parçası da test verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 18).



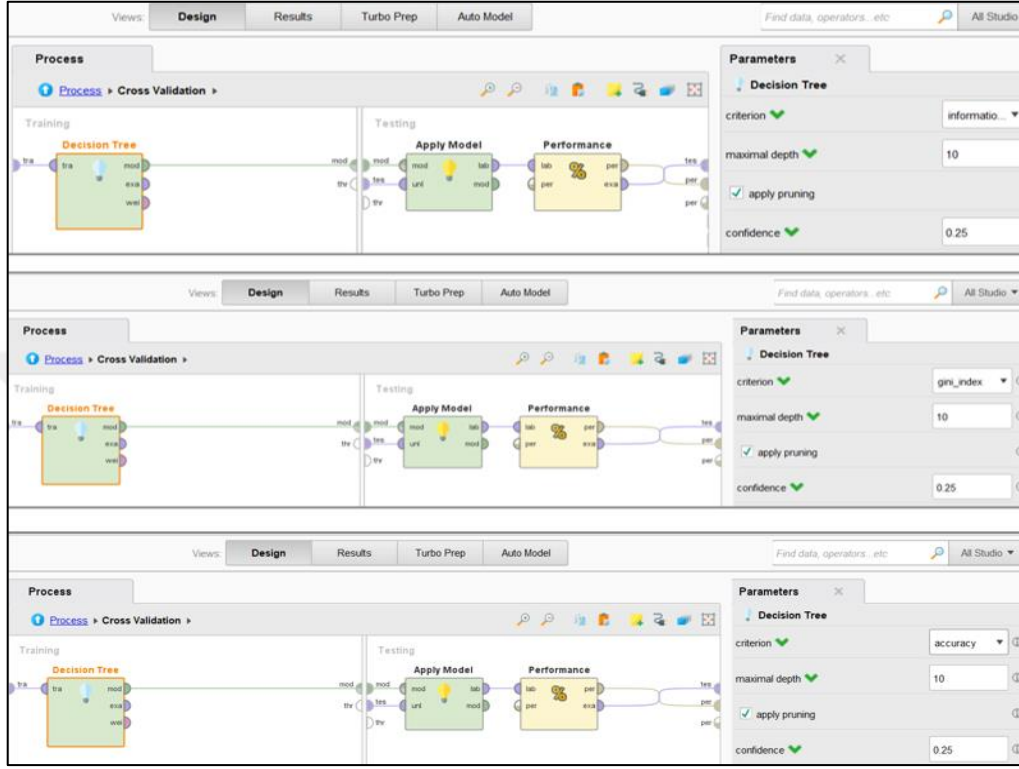
Şekil 18. Eğitim/Test Verilerinin Dağılımı

Karar ağacı operatörünün eğitim ve test verilerinin dağılımına göre kullanılması için kullanılan “Cross Validation” operatörü içerisinde karar ağacı modülünden aldığı bilgilere göre modelin uygulanması için “Apply Model” operatörü, modeldeki test verilerinin başarısının ölçülebilmesi için de “Performance” operatörü eklenmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Cross Validation İçerisinde Kullanılan Modüller

Operatörlerin eklenmesinin ardından “Decision Tree” operatöründe kriter seçimine geçilmiştir. Bu aşamada, üç farklı kritere (Information Gain, Gini Index ve Accuracy) göre değerlendirmelerin karşılaştırılması için kriterler ayrı ayrı seçilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Karar Ağacı Kriter Seçimi

Karar ağaçları kural tabanlı öğrenme algoritmalarından biridir. C4.5 üç ana adımda çalışmaktadır. Ağacın tepesinde bulunan kök düğüm veri setinde bulunan örneklerin tamamını analiz eder ve entropi ölçümüne dayalı olarak çalışan dal düğümüne gönderir. Burada bir grup veri için kural oluşturur ve C4.5 tüm öznitelikleri göz önünde bulundurur. Büyük bir ağaç oluşturur sonrasında budama yaparak karar kuralını sonlandırır (Sevimli Deniz, 2021). Son durumda performansı iyi çıkan ağaç diğer örnekleri değerlendirmek için hazırdır.

2.4.5. Modelin Başarısını Ölçmek İçin Kontrol Arazilerinin Belirlenmesi

Çalışmanın ikinci aşamasını oluşturan kontrol arazilerinin belirlenmesi karar ağaçları yöntemine göre oluşturulan modelin başarısının tespiti için gerekmektedir. Bu kapsamda orman işletme şefliklerinden 2023 yılı üretim planları temin edilmiştir. Şeflikler bazında

üretim bölmeleri belirlenmiştir. Belirlenen bölmelere ait veriler ilk arazi çalışmalarında elde edilen “genel veri tablosu” formatına dönüştürülmüştür (Tablo 22).

Tablo 22. Kontrol Arazileri Veri Tablosu

İşletme Şekli	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapallık	BÇ Yönü	Bölmecğin Etası (m ³)	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim Sınıfı	KARAR
Artvin												
Çoruh												
Deriner												
Madenler												
Ortaköy												
Saçinka												
Taşlıca												
Tütüncüler												
Zeytinlik												

Yapılacak üretim çalışmalarına göre belirlenen çalışma sahalarının hangi şeflik olduğuna bakılmaksızın birbirine benzer özelliklere sahip (eğim, sürütme mesafesi, ürün miktarı, taşıma/sürütme yönü, kapallık, çağ vb.) alanlar arazi çiftleri olarak belirlenmiştir.

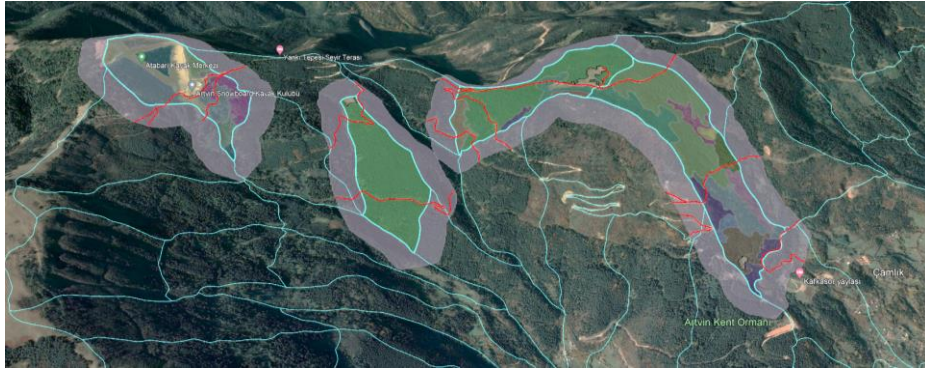
2.4.6. Kontrol Arazilerine Ait Ön Verilerin Planlar ve CBS Kullanılarak Toplanması

Üretim yapılacak kontrol arazilerine ait verilerin temininde ön çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda alanların sayısal arazi modelleri oluşturularak yol miktarları ve durumları belirlenmiştir (Şekil 21). Daha sonra alanlarda BÇ çalışmalarının teknik standartlarının belirlenmesi için sürütme mesafelerinin tespiti Google Earth Pro açık kaynak veri programı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 22). Alanlara ait silvikültürel verilerle birlikte eğim verileri de ilgili işletme şefliklerinin amenajman planlarından elde edilmiştir.



Şekil 21. 2023 Yılında Üretim Çalışmaları Yapılan Bölmeler

Çalışma alanlarında BÇ çalışmalarında kullanılabilecek orman yolları 150 m genişliğinde buffer zon eklendikten sonra içerisinde kalan yollar olarak tespit edilmiş ve hesaplanmıştır. Üretim alanı dışında kalan yakın yolların BÇ çalışmalarında kullanılabilmesi için bu zon değeri değerlendirilmiştir. Çalışma alanlarında bu şekilde belirlenen orman yolları, BÇ yapılması dikkate alınarak yol yoğunluğu hesaplanırken kullanılmıştır (Şekil 22).



Şekil 22. Kontrol Arazilerine Ait Ön Veriler İçin Arazi Modeli (Artvin OİŞ)

2.5. Kontrol Arazilerindeki Çalışmalara Ait Verilerin Elde Edilmesi

2023 yılı için üretim yapılması planlanan alanlarda yersel ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler çalışmanın ilk aşamasındaki gibi sürütme mesafesi, arazi eğimi, ürün miktarı, zemin durumu, arazi engeli, diri örtü durumu ve zaman analizleri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu kısımda alanlardan benzer arazi çiftleri belirlenmiş alanlarda planlı/plansız

çalışması yapılmıştır. Yapılan planlama karar ağacı modeline göre elde edilen BÇ yöntemlerinden oluşmaktadır. Belirlenen arazilerde modelin belirlediği BÇ yöntemi uygulanmıştır. Benzer arazi çiftlerinden planlı olanlarda bu model uygulanırken diğer alanlarda sadece izleme ve veri toplama işlemi yapılmıştır.

2.5.1. Planlı Arazilerde Verilerin Toplanması

Belirlenen arazi çiftlerinde planlı arazi olarak ifade edilen, karar BÇ yönteminin karar ağacı modelinden elde edildiği arazilerdir. KA modeli ile belirlenen yöntemler 500 adet örnek ile eğitilen veriler aracılığı ile elde edilmiştir. Eğitilen modelin çalışma yapılacak arazilere ait verilere göre verdiği sonuçlar karar yöntemler olarak belirlenmiştir. Bu arazilerde belirlenen BÇ yöntemi uygulanmıştır. Veri toplama süreci oluşturulan arazi etüt karnelerinin doldurulması suretiyle yapılmıştır. Ayrıca KA modelinin daha hızlı ve pratik kullanılabilmesi için Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama ile eğitilen ağaca ait verilerin istenilen arazide uygulanması sağlanmıştır.

Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı'ndan orman alanında araştırma izni için alınan 01.08.2023 tarihli ve E-12475423-605.01-99576 sayılı yazı ile oluşturulan KA modeli tarafından belirlenen BÇ yöntemlerinin arazide uygulanması sağlanmıştır.

2.5.2. Plan Yapılmamış Arazilerde Verilerin Toplanması

Plan dışında tutularak sadece yapılan çalışmaların izlenerek verilerin toplandığı arazilerdir. Bu alanlarda karar ağacından elde edilen yöntem kullanılmamıştır. Sadece yapılan üretim çalışmalarına ait sürütme mesafesi, arazi eğimi, ürün miktarı, zemin durumu, arazi engeli, diri örtü durumu ve zaman analizleri verileri toplanmıştır.

2.6. Plana Göre Modelin Başarısının Belirlenmesi

Karar ağacı modeline göre elde edilen planlı arazilere ait veriler ile plan yapılmaksızın verilerin elde edildiği arazilere ait veriler değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılırken ekonomik ve zamansal açıdan farklılıkları ortaya konulmuştur. Nihayetinde de bu karşılaştırmalara göre modelin başarı durumu belirlenmiştir.

2.6.1. Ekonomik Değerlendirme

Planlı ve plansız arazilerde yapılan üretim çalışmalarında üretim maliyetleri bakımından karşılaştırma yapılmıştır. Taşıma/sürütme maliyetleri ve işçi giderleri üzerinde hesaplamalar yapılmış, 310 Sayılı “Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ”de bulunan hesaplamalar (İG, OTC ve OTS) ayrıca literatürde yapılmış çalışmalara göre benzer arazilerdeki üretim maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda arazi eğimi ve BÇ yöntemine göre $\$/m^3$ olarak maliyetler bulunmuştur. İlk veri setini oluştururken maliyet analizi bu şekilde yapılmıştır.

Üretim maliyetleri hesaplanırken tebliğde yer alan Birim maliyet hesaplamaları yüzde cinsinden her eğim değeri için yapılmış ve IUFRO eğim grubunda bulunan eğim değerleri ortalaması alınarak eğim gruplarına göre ortalamaları alınmıştır. Ayrıca literatürdeki maliyet değerleri ilgili çalışmalarda 1 m taşıma/sürütme için dolar cinsinden hesaplanmıştır. Benzer arazilerdeki 1 m taşıma/sürütme maliyetleri birlikte değerlendirilerek ortalamaları alınmıştır. Her BÇ yöntemi için her eğim grubunda 1 m’ye düşen maliyet değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra eğitim ve test verisi olarak kullanılan veri setindeki alanlara ait sürütme mesafesi ile çarpılarak 1 m^3 odunun üretim maliyeti bulunmuştur. BÇ yapılacak olan sahadaki çıkarılacak ürün miktarı bu değerle çarpılarak ilgili çalışma sahasındaki yaklaşık üretim maliyeti dolar cinsinden bulunmuştur (Ek Tablo 4).

2.6.2. Zamansal Değerlendirme

Zamansal değerlendirmeler için tahmini tamamlanma sürelerini belirlemek amacı ile yapılmıştır. Model tarafından belirlenen ya da arazide izlenen BÇ yöntemlerinin günlük verimliliklerine göre işin yaklaşık bitiş süreleri bakımından karşılaştırma yapılmıştır. BÇ çalışmaları kullanılan işgücüne göre ve arazi yapısına göre farklı verimlilik değerlerine sahip olmaktadır.

Uygulanan BÇ yöntemleri, arazi yapısı, yol durumu ve meşcere içerisindeki sürütmeye engel hususların varlığına göre İG (İnsan Gücü ile BÇ), OLK (Plastik Oluk Sistemi ile BÇ), ELV (Mobil El Vinci ile BÇ), OTC (Traktörle Kablo Çekimi ile BÇ), OTS (Traktörle Zeminde Sürütme ile BÇ), KMH (Kısa Mesafeli Hava Hattı ile BÇ), OMH (Orta Mesafeli Hava Hattı ile BÇ) ve UMH (Uzun Mesafeli Hava Hattı ile BÇ) olmak üzere 8 tanedir. Açıklanan verim değerleri yapılmış çalışmalardan elde edilen tablolardaki verilerin ortalaması alınarak verilmiştir.

- Mekanizasyonun bulunmadığı ya da üretim maliyetleri açısından gerek görülmediği alanlarda İG ile çalışılmaktadır. İG ile yapılan BÇ çalışmaları ıslak ya da kuru zemine sahip, sürütme engeli olmayan ve yukarıdan aşağı yönde yapılan çalışmalarda ortalama 20 m³/gün verimlilik değerine sahip çalışmalardır. Bu verimlilik değeri arazi eğimi, sürütme mesafesi, işçi sayısı, diri örtü gibi durumlara bağlı olarak değişmektedir (Tablo 15).

- Yukarıdan aşağıya (YA) doğru yapılan BÇ çalışmalarında sürütme engeli olan, ince (b, c çağı) ağaçlar ya da yakacak vasfında ağaçların alınacağı alanlarda plastik oluklar kullanılabilir. OLK ile BÇ yapılan çalışmalarda ortalama verimlilik arazi yapısı, ürün boyutları, eğim ve sürütme mesafesine bağlı olarak değişmekle birlikte yaklaşık 40 m³/gün olarak ifade edilmektedir (Tablo 16).

- Aşağıdan yukarıya (AY) doğru yapılan çalışmalarda son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan mobil el vinci bilinmektedir. ELV ile BÇ çalışmaları AY yönde 100 m'ye kadar olan mesafelerde, sürütme engeli olmayan ve b çağındaki ince emvallerin çıkarılması amacı ile yapılan çalışmalardır. Arazi eğimi, sürütme mesafesi, ürün boyutları dikkate alındığında farklı verimlilik değerlerine sahip olabilmektedir. Adı geçen etkenler dikkate alındığında günlük ortalama verimlilik değeri 25 m³/gün olarak bilinmektedir (Tablo 14).

- Sürütme mesafesinin 120 m'yi geçmediği, sürütme engeli, arazi engebesi gibi sürütmeyi engelleyici etkenlerin olmadığı AY yönde yapılan BÇ çalışmalarında kullanılan traktörlerle kablo çekimi (OTC) ile BÇ, ortalama 48 m³/gün verimlilik değeri ile tercih edilen bir yöntemdir (Tablo 17).

- Orman traktörleri BÇ çalışmaları hem AY hem de YA yönde yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır. Arazi engeli, sürütme engeli, diri örtü engelinin yanı sıra YA %45' kadar, AY %20'ye kadar olan eğim kısıtları bulunmaktadır. Engel olmayan arazilerde traktörler bu eğim sınırları dâhilinde doğrudan zemin üzerinde sürütme yapmaktadır. Doğrudan zemin üzerinde sürütme ortalama günlük verimlilik değerleri 68 m³/gün olan traktörler kolay temin edilebilir olması nedeni ile tercih edilen araçların başında gelmektedir (Tablo 18).

- Gerek sürütme engeli gerekse yol aralıklarının traktör (OTS, OTC) ve İG ile BÇ için uygun olmadığı alanlarda genel olarak AY yönde yapılan çalışmalarda 300 m mesafeye kadar kullanılan KMH günlük ortalama 43 m³/gün verimlilik değeri ile tercih edilen araçlardandır (Tablo 19).

- Hem AY hem de YA yönde yapılan BÇ çalışmalarında taşıma mesafesi ve sürütme engeli bakımından diğer BÇ yöntemleri ile çalışmanın uygun olmadığı arazilerde 800 m

taşıma/sürütme mesafesine kadar kullanılabilen OMH, 36 m³/gün verimlilik değeri ile kullanılan bir araçlardandır (Tablo 19).

- BÇ yapılacak emvallerin diğer araçlarla ve yöntemlerle çıkarılmasının mümkün olmadığı ya da çok zor olacağı arazilerde 1500 m mesafeye kadar hem AY hem de YA yönde çalışabilen UMH, günlük ortalama 24 m³/gün verimlilik değerine sahip olması sebebi ile kullanılan araçlardandır (Tablo 19).

Açıklanan yöntemlere ilişkin olarak verilen verimlilik değeri alanda bulunan ürün miktarı dikkate alındığında yaklaşık çalışma süresinin tahmininde kullanılabilir. Çalışmada alana ait verimlilik değerleri ve çıkarılacak ürün miktarı oranlanarak işin yaklaşık süresi tespit edilmiştir.

2.7. Mobil Uygulama

Geliştirilen KA modelinin mobilize edilmesi ve kolay kullanımı amacı ile Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Android tabanlı sistemlere yüklenebilmekte ve basit arayüzü sayesinde rahatlıkla kullanılabilir (Şekil 23).

The screenshot displays a mobile application interface with a dark background and white text. At the top, there is a status bar showing the time 15:51 and battery level. The main form consists of several input fields and dropdown menus arranged in two columns. The fields are labeled as follows:

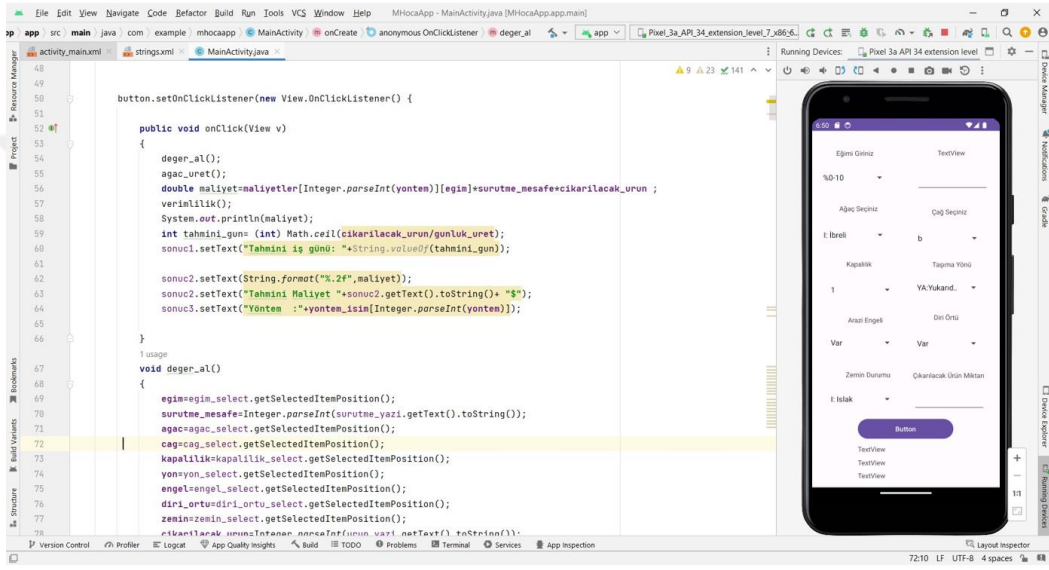
- Eğimi Giriniz** (Input field: 1: %0-10)
- Sürütme Mesafesi** (Input field)
- Ağaç Seçiniz** (Dropdown menu: I: İbrelili)
- Çağ Seçiniz** (Dropdown menu: b)
- Kapalılık** (Dropdown menu: 1)
- Taşıma Yönü** (Dropdown menu: YA:Yukarıd..)
- Arazi Engeli** (Dropdown menu: Var)
- Diri Örtü** (Dropdown menu: Var)
- Zemin Durumu** (Dropdown menu: I: Islak)
- Çıkarılacak Ürün Miktarı** (Input field)

Below the input fields, there is a prominent blue button labeled **Hesapla**. To the right of this button, there are labels for **Dolar Kuru** and **\$/TL**. At the bottom of the form, there are labels for **Yöntem:**, **Tahmini Maliyet**, and **Tahmini İş Günü**.

Şekil 23. Uygulamanın Açılış Ekranı

Uygulama KA veri setini oluşturan arazi verilerinin olduğu giriş ekranına sahiptir. Gerekli bilgiler bu ekranda girildikten sonra “HESAPLA” butonuna basılarak BÇ yöntemi, tahmini iş maliyeti (dolar cinsinden) ve tahmini iş günü sonuçlarını vermektedir. Ayrıca TL olarak sonuç istendiğinde istenilen kur değeri manuel olarak girilerek tahmini maliyet satırında parantez içerisinde TL cinsinden işin tahmini maliyeti verilmektedir.

Yazılım geliştirilmesi aşamasında Android Studio (Şekil 24), Java programlama dili ve uygulama arayüzü için Spinner XML (Şekil 25) kullanılmıştır.



Şekil 24. Android Studio Geliştirme Ortamı

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".MainActivity">

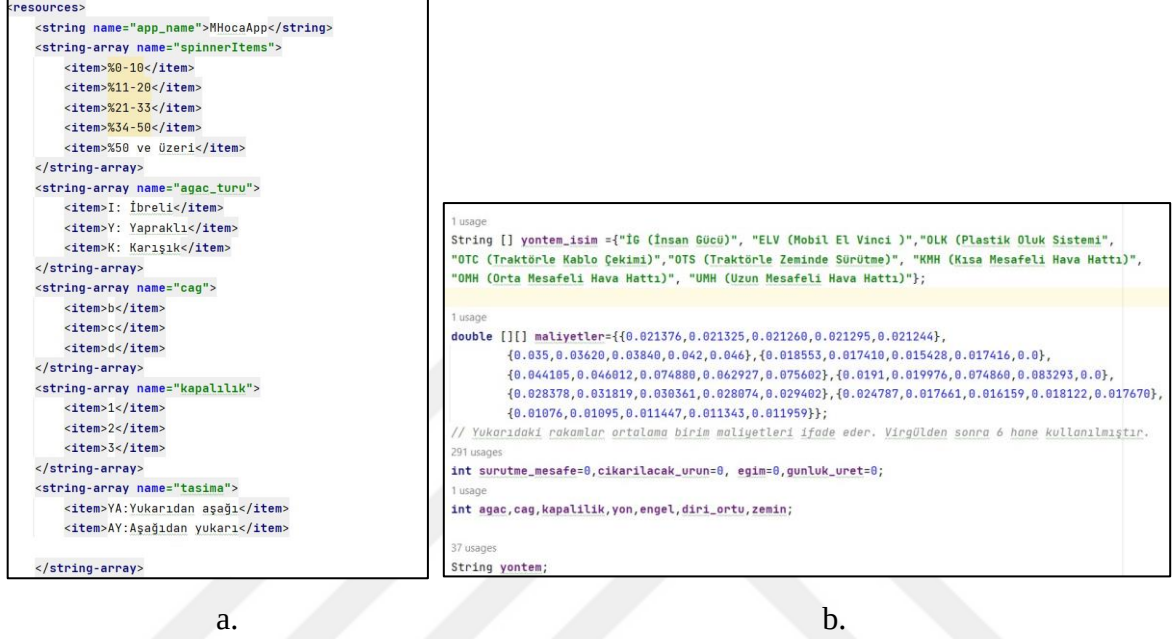
    <androidx.constraintlayout.widget.Guideline
        android:id="@+id/guideline3"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:orientation="vertical"
        app:layout_constraintGuide_begin="28dp" />

    <androidx.constraintlayout.widget.Guideline
        android:id="@+id/guideline4"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:orientation="vertical"
        app:layout_constraintGuide_begin="2dp" />
```

Şekil 25. XML Tasarım Ana Ekranı

Karar Ağacı'nı oluşturan arazi verileri yazılıma XML aracılığı ile girildikten sonra (Şekil 26-a) maliyet hesabında kullanılan 1 m mesafedeki üretim maliyetleri BÇ

yöntemlerine göre tanımlanmıştır (Şekil 26-b) (Tablo 20). Daha sonra işin tahmini süresinin belirlenebilmesi için BÇ yöntemi, eğim, arazi engeli ve BÇ yönüne göre ortalama verim değerleri girişi yapılmıştır (Şekil 27) (Tablo 14, Tablo 15, Tablo 16, Tablo 17, Tablo 18 ve Tablo 19). Çalışmada elde edilen ağaca ait model sisteme tanımlanmıştır (Şekil 28).



Şekil 26. a- Arazi Verilerinin XML'e Girilmesi b- Maliyet Hesaplanmasındaki Değerler

```
case 2: //OLK
    if (surutme_mesafe>0 && surutme_mesafe<=100)
    {
        gunluk_uret=68;
    } else if (surutme_mesafe>100 && surutme_mesafe<=150) {
        gunluk_uret=56;
    } else if (surutme_mesafe>150 && surutme_mesafe<=200) {
        gunluk_uret=52;
    } else if (surutme_mesafe>200 && surutme_mesafe<=250) {
        gunluk_uret=43;
    } else if (surutme_mesafe>250 && surutme_mesafe<=300) {
        gunluk_uret=35;
    } else if (surutme_mesafe>300 && surutme_mesafe<=350) {
        gunluk_uret=31;
    } else if (surutme_mesafe>350 && surutme_mesafe<=400) {
        gunluk_uret=25;
    } else if (surutme_mesafe>400 && surutme_mesafe<=450) {
        gunluk_uret=23;
    } else {
        gunluk_uret=20;
    }
    break;
case 3: // OTC
    if(egim==0){
        if (surutme_mesafe>0 && surutme_mesafe<=30)
        {
            gunluk_uret=72;
        } else if (surutme_mesafe>30 && surutme_mesafe<=60) {
            gunluk_uret=70;
        }
    }
}
```

Şekil 27. Taşıma/Sürütme Mesafesine Göre Ortalama Verim Değerlerinin Girildiği Ekran

```

void agac_uret()
{
    if(surutme_mesafe>122.5) //ilk ayrim ağacın solu
    {
        if (surutme_mesafe<=802.5) //sol ilk ayrim aşağı devam
        {
            if(yon==1) //aşağı sol yön
            {
                if(surutme_mesafe>290)//aşağı sol sol
                {
                    if(egim>2.5) // aşağı sol sol sol
                    {
                        yontem="6";
                    }
                    else // aşağı sol sol sağ
                    {
                        if(engel==0)//aşağı sol sol sağ sol
                        {
                            yontem="6";
                        }
                        else // aşağı sol sol sağ sağ
                        {
                            yontem="4";
                        }
                    }
                }
            }
            else // aşağı sol sağ
            {
                if(engel==0) //aşağı sol sağ sol
                {

```

```

                    //sol ilk ayrim ilk sonuc
                    {
                        yontem="7";
                    }
                }
            }
            else //ilk ayrim ağacın sağ
            {
                if (cag==0) // en tepe sağ sol
                {
                    if (cikarilacak_urun>372.5) //en tepe sağ sol sol
                    {
                        if (egim>4.5) // en tepe sağ sol sol sol
                        {
                            if (zemin==0) // en tepe sağ sol sol sol sol
                            {
                                yontem="5";
                            }
                            else // en tepe sağ sol sol sol sağ
                            {
                                yontem="3";
                            }
                        }
                    }
                    else // en tepe sağ sol sol sağ
                    {
                        yontem="3";
                    }
                }
            }
            else // en tepe sağ sol sağ
            {
                if (cikarilacak_urun>245) // en tepe sağ sol sağ sol
                {

```

Şekil 28. Karar Ağacı Verilerinin JAVA Ekranına Girişi

Programın sonuç göstermesi için verileri çağırma fonksiyonu JAVA ortamında yapılarak (Şekil 29) yazılım geliştirilerek mobil uygulama elde edilmiştir.

```

void deger_al()
{
    egim=egim_select.getSelectedItemId();
    surutme_mesafe=Integer.parseInt(surutme_yazi.getText().toString());
    agac=agac_select.getSelectedItemId();
    cag=cag_select.getSelectedItemId();
    kapalilik=kapalilik_select.getSelectedItemId();
    yon=yon_select.getSelectedItemId();
    engel=engel_select.getSelectedItemId();
    diri_ortu=diri_ortu_select.getSelectedItemId();
    zemin=zemin_select.getSelectedItemId();
    cikarilacak_urun=Integer.parseInt(urun_yazi.getText().toString());
}

```

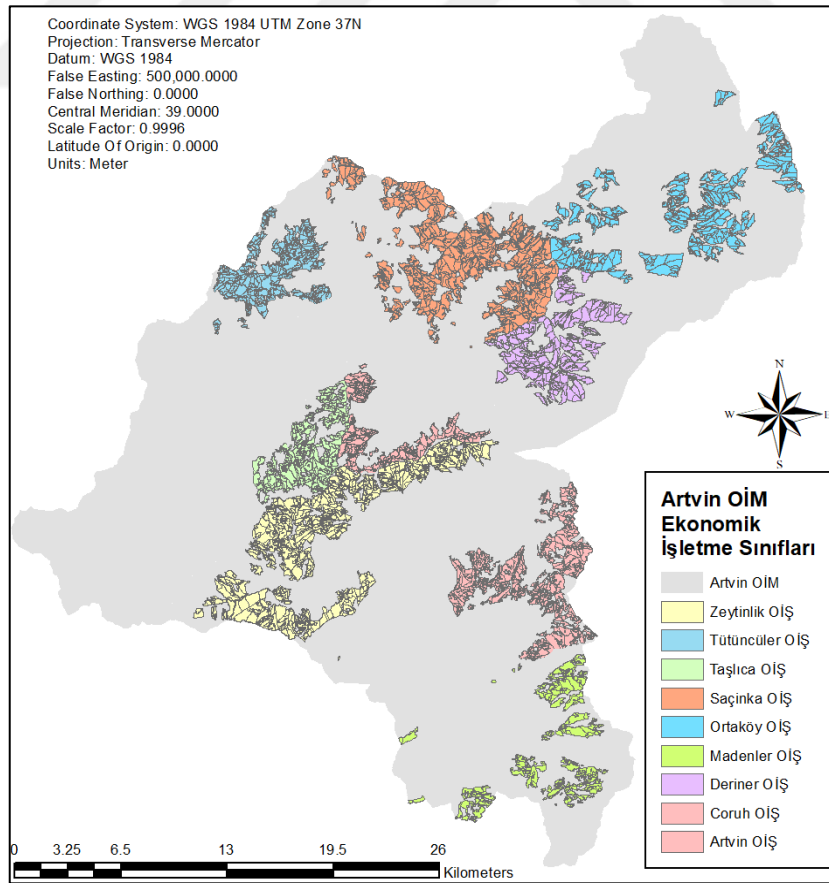
Şekil 29. JAVA'da Verileri Alan Fonksiyon

3. BULGULAR

Bu bölümde, önerilen karar ağacı yönteminin oluşturulmasında kullanılan veriler ve bu verilere göre oluşturulmuş veri tabanının RapidMiner programında işlenmesi sonucu elde edilen bilgiler sunulmuştur. Ayrıca kontrol arazilerine ait veriler ve son olarak modelin başarısının belirlenmesinde kullanılacak değerler sunulmuştur.

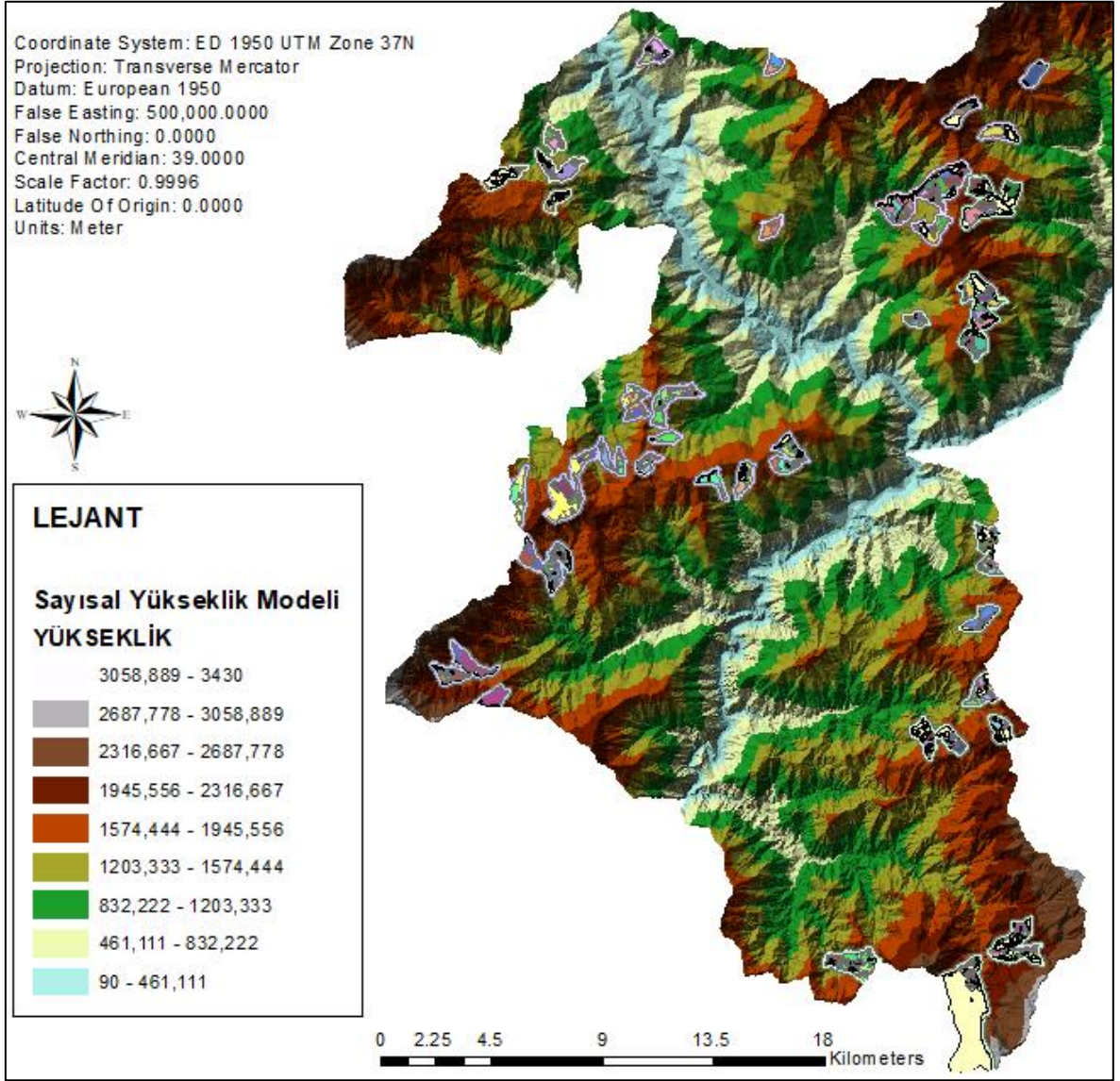
3.1. Araştırma Alanlarına İlişkin Bulgular

Karar ağaçları yöntemine ilişkin veri tabanının oluşturulabilmesi için gereken veri sayısının fazla olması gereği Artvin, Çoruh, Deriner, Madenler, Ortaköy, Saçinka, Taşlıca, Tütüncüler ve Zeytinlik olmak üzere 9 farklı işletme şefliğinde arazi çalışması yapılmıştır. Amenajman planlarından elde edilen verilere göre ekonomik fonksiyona sahip işletme sınıflarına ait bilgiler elde edilmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Artvin OİM Ekonomik İşletme Sınıfları

Sonrasında alanların oluşturulan sayısal yükseklik modeline göre eğimleri elde edilmiştir. Elde edilen eğim değerlerine göre IUFRO eğim grupları oluşturularak alansal dağılımları bulunmuştur (Şekil 31).



Şekil 31. Ekonomik Fonksiyonlu Alanların Sayısal Yükseklik Modeli

Artvin OİŞ'nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A ve B işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 658,9 ha ve B işletme sınıfı için 481,5 ha'dır. Üretim fonksiyonuna sahip 1063,4 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 23'te verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %53,3'ü IV. eğim grubunda, %34,8'i V. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 23. Artvin OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	2,4	14,0	56,1	440,9	105,8	39,7	658,9
	B İşletme Sınıfı	-	8,3	46,3	125,5	264,1	37,5	481,5
Toplam (ha)		2,4	22,3	102,4	566,4	369,9	77,2	1140,4
Genel Toplam (ha)		1063,4						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		0,2	2,1	9,6	53,3	34,8		

Çoruh OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B ve C işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 1486,0 ha, B işletme sınıfı için 674,7 ha ve C işletme sınıfı için 328,3 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 2256,9 ha verimli orman alanının IUFRO eğitim gruplarına göre dağılımları Tablo 24’te verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %30,9’u IV. eğitim grubunda, %66,0’ı V. eğitim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 24. Çoruh OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğitim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	5,4	50,9	478,8	762,8	188,1	1486,0
	B İşletme Sınıfı	-	-	12,9	218,3	399,5	44,0	674,7
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	-	328,3	-	328,3
Toplam (ha)		-	5,4	63,8	697,1	1490,6	232,1	2489,0
Genel Toplam (ha)		2256,9						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		-	0,2	2,8	30,9	66,0		

Deriner OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B, C ve D işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 935,4 ha, B işletme sınıfı için 265,4 ha, C işletme sınıfı için 392,8 ha ve D işletme sınıfı için 660,5 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 2136,1 ha verimli orman alanının IUFRO eğitim gruplarına göre dağılımları Tablo 25’te verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %11,3’ü IV. eğitim grubunda, %88,1’i V. eğitim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 25. Deriner OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	7,9	140,6	684,1	102,8	935,4
	B İşletme Sınıfı	-	-	5,8	63,2	196,4	-	265,4
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	11,7	365,9	15,2	392,8
	D İşletme Sınıfı	-	-	-	25,3	635,2	-	660,5
Toplam (ha)		-	-	13,7	240,8	1881,6	77,2	1140,4
Genel Toplam (ha)		2136,1						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		-	-	0,6	11,3	88,1		

Madenler OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B ve C işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 830,6 ha, B işletme sınıfı için 347,3 ha ve C işletme sınıfı için 348,7 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 1405,9 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 26’da verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %27,2’si IV. eğim grubunda, %71,0’ı V. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 26. Madenler OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	25,7	290,1	394,1	120,7	830,6
	B İşletme Sınıfı	-	-	-	54,4	292,9	-	347,3
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	38,2	310,5	-	348,7
Toplam (ha)		-	-	25,7	382,7	997,5	120,7	1526,6
Genel Toplam (ha)		1405,9						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		-	-	1,8	27,2	71,0		

Ortaköy OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B, C ve D işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 1114,1 ha, B işletme sınıfı için 408,7 ha, C işletme sınıfı için 1480,9 ha ve D işletme sınıfı için 270,3 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 2945,9 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 27’de verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %8,3’ü IV. eğim grubunda, %91,5’i V. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 27. Ortaköy OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	5,8	100,9	935,8	71,6	1114,1
	B İşletme Sınıfı	-	-	-	33,7	370,7	4,3	408,7
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	109,6	1352,7	18,6	1480,9
	D İşletme Sınıfı	-	-	-	-	37,3	233,0	270,3
Toplam (ha)		-	-	5,8	243,6	2696,5	327,5	3274,0
Genel Toplam (ha)		2945,9						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		-	-	0,2	8,3	91,5		

Saçınka OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B ve C işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 561,9 ha, B işletme sınıfı için 2233,4 ha ve C işletme sınıfı için 1801,8 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 1063,4 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 28’de verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %35,3’ü IV. eğim grubunda, %61,2’i V. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 28. Saçınka OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	0,5	-	40,6	261,4	176,4	83,0	561,9
	B İşletme Sınıfı	-	10,8	27,7	586,0	1422,6	186,3	2233,4
	C İşletme Sınıfı	-	3,7	61,3	648,5	993,0	95,3	1801,8
Toplam (ha)		0,5	14,5	129,6	1495,9	2592,0	364,6	4597,1
Genel Toplam (ha)		4232,5						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		0	0,3	3,1	35,3	61,2		

Taşlıca OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B ve C işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 222,7 ha, B işletme sınıfı için 1405,0 ha ve C işletme sınıfı için 17,8 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 1598,2 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 29’da verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %34,1’i IV. eğim grubunda, %56,6’sı V. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 29. Taşlıca OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	-	42,4	176,2	4,1	222,7
	B İşletme Sınıfı	-	1,6	144,0	502,8	713,4	43,2	1405,0
	C İşletme Sınıfı	-	-	2,3	-	15,5	-	17,8
Toplam (ha)		-	1,6	146,3	545,2	905,1	45,3	1645,5
Genel Toplam (ha)		1598,2						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		0	0,1	9,2	34,1	56,6		

Tütüncüler OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A ve B işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 1304,5 ha ve B işletme sınıfı için 510,2 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 1751,9 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 30’da verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %28,2’si III. eğim grubunda, %36,2’si IV. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 30. Tütüncüler OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	0,7	207,7	342,7	467,8	245,2	40,4	1304,5
	B İşletme Sınıfı	0,6	70,2	151,5	166,8	98,7	22,4	510,2
Toplam (ha)		1,3	277,9	494,2	634,6	343,9	62,8	1814,7
Genel Toplam (ha)		1751,9						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		0,1	15,9	28,2	36,2	19,6		

Zeytinlik OİŞ’nde ekonomik fonksiyonlu işletme sınıfları A, B, C ve D işletme sınıflarıdır. İşletme sınıflarının alansal dağılımları A işletme sınıfı için 1703,0 ha, B işletme sınıfı için 1594,9 ha, C işletme sınıfı için 559,8 ha ve D işletme sınıfı için 737,5 ha’dır. Üretim fonksiyonuna sahip 4179,8 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları Tablo 31’de verilmiştir. Buna göre verimli orman alanlarının %22,7’si IV. eğim grubunda, %74,5’i V. eğim grubundaki alanlardan olduğu sonucu bulunmuştur.

Tablo 31. Zeytinlik OİŞ Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimsiz Orman Alanı (ha)	Genel Toplam (ha)
		I	II	III	IV	V		
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	18,6	427,0	1063,5	193,9	1703,0
	B İşletme Sınıfı	0,9	1,6	99,3	477,6	923,2	92,3	1594,9
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	12,1	418,5	129,2	559,8
	D İşletme Sınıfı	-	-	-	30,8	706,7	-	737,5
Toplam (ha)		0,9	1,6	117,9	947,5	3111,9	415,4	4595,2
Genel Toplam (ha)		4179,8						
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)		0	0	2,8	22,7	74,5		

Yapılan çalışmalar sonucunda Artvin OİM sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına sahip toplam 21570,6 ha verimli orman alanının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımı I, II, III, IV ve V. eğim grubu için sırasıyla %0,02, %1,50, %5,10, %26,67 ve %66,71 olarak bulunmuştur. İşletme şefliği bazında verimli orman alanlarının müdürlük toplam verimli orman alanlarına dağılımı Artvin OİŞ (%4,9), Çoruh (%10,5), Deriner (%9,9), Madenler (%6,5), Ortaköy (%13,7), Saçinka (%19,6), Taşlıca (%7,4), Tütüncüler (%8,1) ve Zeytinlik (%19,4) için ayrı ayrı bulunmuştur (Tablo 32).

Tablo 32. Artvin OİM Üretime Konu Alanların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Orman İşletme Şefliği	Verimli Orman Alanlarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Alansal Dağılımı (ha)					Verimli Orman Alanı (ha)	Şefliğin OİM Verimli Orman Alanlarına Oranı (%)
	I	II	III	IV	V		
Artvin	2,4	22,3	102,4	566,4	369,9	1063,4	4,9
Çoruh	-	5,4	63,8	697,1	1490,6	2256,9	10,5
Deriner	-	-	13,7	240,8	1881,6	2136,1	9,9
Madenler	-	-	25,7	382,7	997,5	1405,9	6,5
Ortaköy	-	-	5,8	243,6	2696,5	2945,9	13,7
Saçinka	0,5	14,5	129,6	1495,9	2592,0	4232,5	19,6
Taşlıca	-	1,6	146,3	545,2	905,1	1598,2	7,4
Tütüncüler	1,3	277,9	494,2	634,6	343,9	1751,9	8,1
Zeytinlik	0,9	1,6	117,9	947,5	3111,9	4179,8	19,4
Toplam (ha)	5,1	323,3	1099,4	5753,8	14389	21570,6	
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)	0,02	1,50	5,10	26,67	66,71		100

Artvin OİM’nde bulunan ekonomik işletme sınıfındaki toplam 21570,60 ha verimli orman alanının arazi eğimlerine göre dağılımları sonucu %93,38’lik kısmını oluşturan 20142,8 ha alanın dik ve çok dik eğimli arazi grubunda olduğu bulunmuştur.

3.2. Araştırma Alanlarındaki Yol Ağlarına İlişkin Bulgular

Orman yol ağları, BÇ yöntemine karar vermede en önemli kriterlerden olan sürütme mesafelerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Araştırma alanının ait yol ağları iki aşamalı olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle üretim fonksiyonuna sahip ekonomik işletme sınıfına ait alanlar hem şeflik bazında hem de işletme müdürlüğü bazında hesaplanmıştır. Bu alanların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımları da ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Artvin OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 33,7 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %59,1'inin IV. eğim grubunda, %30,4'ünün V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 33). Eğim gruplarına göre %89,5'i yüksek ve çok yüksek eğim grubunda olduğu belirlenen üretim alanlarında BÇ çalışmalarının doğrudan zemin üzerinde sürütme yapılmasına uygun olmadığı, sürütme engeli, sürütme mesafesi ve BÇ yönü gibi diğer kısıtlar da dikkate alındığında kullanılacak yöntemin ne olacağına karar verilebilmektedir.

Tablo 33. Artvin OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	360,5	372,0	2024,7	15845,8	1769,7	20372,7
	B İşletme Sınıfı	-	-	773,4	4087,3	8478,0	13338,7
Toplam (m)		360,5	372,0	2798,1	19933,1	10247,7	33711,4
Genel Toplam (km)		33,7					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		1,1	1,1	8,3	59,1	30,4	

Çoruh OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 82,1 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %36,8'inin IV. eğim grubunda, %56,2'sinin V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 34).

Tablo 34. Çoruh OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	4,0	282,6	3354,6	23913,9	27756,5	55311,6
	B İşletme Sınıfı	-	-	2095,7	6302,7	10441,6	18840
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	-	7957,6	7957,6
Toplam (m)		4,0	282,6	5450,3	30216,6	46155,7	82109,2
Genel Toplam (km)		82,1					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,0	0,3	6,6	36,8	56,2	

Deriner OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 47,7 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %14,7'sinin IV. eğim grubunda, %83,9'unun V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 35).

Tablo 35. Deriner OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	442,6	5778,9	16328,1	22549.6
	B İşletme Sınıfı	-	-	223,9	926,8	2057,1	3207.8
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	-	7408,6	7408.6
	D İşletme Sınıfı	-	-	-	308,2	14240,9	14549.1
Toplam (m)		0	0	666,5	7013,9	40034,7	47715,1
Genel Toplam (km)		47.7					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,0	0,0	1,4	14,7	83,9	

Madenler OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 30,7 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %48,2'sinin IV. eğim grubunda, %46,6'sının V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 36).

Tablo 36. Madenler OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	1587,0	11654,6	6578,0	19819.6
	B İşletme Sınıfı	-	-	-	2763,1	3159,0	5922.1
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	382,3	4573,8	4956.1
Toplam (m)		0	0	1587,0	14800,0	14310,8	30697,8
Genel Toplam (km)		30.7					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,0	0,0	5,2	48,2	46,6	

Ortaköy OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 90.8 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %8,6'sı IV. eğim grubunda, %91,2'si V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 37).

Tablo 37. Ortaköy OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	159,3	2318,7	31319,9	33797.9
	B İşletme Sınıfı	-	-	-	1862,0	8145,3	10007.3
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	3653,5	39765,1	43418.6
	D İşletme Sınıfı	-	-	-	-	3581,5	3581.5
Toplam (m)		0	0	159,3	7834,2	82811,8	90805,3
Genel Toplam (km)		90.8					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,0	0,0	0,2	8,6	91,2	

Saçinka OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 151.9 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %39,9'unun IV. eğim grubunda, %51,3'ünün V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 38).

Tablo 38. Saçinka OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	86,3	3674,4	12950,1	10655,0	27365.8
	B İşletme Sınıfı	-	841,0	5112,1	22781,7	36305,2	65040
	C İşletme Sınıfı	-	0,4	3690,5	24815,3	31024,1	59530.3
Toplam (m)		0	927,7	12477	60547,1	77984,3	151936,1
Genel Toplam (km)		151.9					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,0	0,6	8,2	39,9	51,3	

Taşlıca OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 71,9 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %44,1'inin IV. eğim grubunda, %43,8'inin V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 39).

Tablo 39. Taşlıca OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	-	-	4400,1	6809,7	11209.8
	B İşletme Sınıfı	-	125,8	8367,5	27312,7	24192,3	59998.3
	C İşletme Sınıfı	-	-	165,4	-	482,7	648.1
Toplam (m)		0	125,8	8532,9	31712,8	31484,7	71856,2
Genel Toplam (km)		71.9					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,0	0,2	11,9	44,1	43,8	

Tütüncüler OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 84,0 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %37,3'ünün IV. eğim grubunda, %11,1'inin V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 40).

Tablo 40. Tütüncüler OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	11980,0	16993,4	22908,4	6141,9	58023,7
	B İşletme Sınıfı	87,3	5460,2	8854,7	8407,4	3216,6	26026,2
Toplam (m)		87,3	17440,2	25848,1	31315,8	9358,5	84049,9
Genel Toplam (km)		84,0					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,1	20,7	30,8	37,3	11,1	

Zeytinlik OİŞ sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına ait alanlarda toplam 124,5 km orman yolu bulunduğu, bu yolların IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında mevcut yolun %25,7'sinin IV. eğim grubunda, %67,6'sının V. eğim grubunda olduğu bulunmuştur (Tablo 41).

Tablo 41. Zeytinlik OİŞ Üretim Alanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Ana Fonksiyon	İşletme Sınıfı	Orman Alanındaki Yol Miktarının IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Genel Toplam (m)
		I	II	III	IV	V	
Ekonomik	A İşletme Sınıfı	-	82,0	885,5	11929,5	30254,2	43151,2
	B İşletme Sınıfı	601,3	356,8	6446,9	18616,4	26330,8	52352,2
	C İşletme Sınıfı	-	-	-	591,5	15227,2	15818,7
	D İşletme Sınıfı	-	-	-	814,7	12411,6	13226,3
Toplam (m)		601,3	438,8	7332,4	31952,1	84223,8	124548,4
Genel Toplam (km)		124,5					
Alandaki Yola Göre Yüzdesi (%)		0,5	0,4	5,9	25,7	67,6	

Yapılan çalışmalar sonucunda Artvin OİM sınırları içerisindeki ekonomik işletme sınıfına sahip alanlarda bulunan toplam 717,43 km orman yolunun IUFRO eğim gruplarına göre dağılımı I, II, III, IV ve V. eğim grubu için sırasıyla %0,15, %2,73, %9,04, %32,80 ve %55,28 olarak bulunmuştur. İşletme şefliği bazında bu alanlardan geçen yolların müdürlük toplam verimli orman alanlarından geçen yollara göre dağılımı Artvin OİŞ (%4,7), Çoruh (%11,4), Deriner (%6,7), Madenler (%4,3), Ortaköy (%12,7), Saçinka (%21,2), Taşlıca (%10,0), Tütüncüler (%11,7) ve Zeytinlik (%17,4) için ayrı ayrı bulunmuştur (Tablo 42).

Tablo 42. Artvin OİM Üretime Konu Alanlardaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Dağılımı

Orman İşletme Şefliği	Üretim Ormanlarındaki Yolların IUFRO Eğim Gruplarına Göre Dağılımı (m)					Ekonomik İşletme Sınıfındaki Yol Miktarı (m)	Şefliğin OİM Verimli Orman Alanlarına Oranı (%)
	I	II	III	IV	V		
Artvin	360,5	372,0	2798,1	19933,1	10247,7	33711,4	4,7
Çoruh	4,0	282,6	5450,3	30216,6	46155,7	82109,2	11,4
Deriner	-	-	666,5	7013,9	40034,7	47715,1	6,7
Madenler	-	-	1587,0	14800,0	14310,8	30697,8	4,3
Ortaköy	-	-	159,3	7834,2	82811,8	90805,3	12,7
Saçinka	-	927,7	12477	60547,1	77984,3	151936,1	21,2
Taşlıca	-	125,8	8532,9	31712,8	31484,7	71856,2	10,0
Tütüncüler	87,3	17440,2	25848,1	31315,8	9358,5	84049,9	11,7
Zeytinlik	601,3	438,8	7332,4	31952,1	84223,8	124548,4	17,4
Toplam (km)	1,05	19,59	64,85	235,33	396,61	717,43	
Üretim Alanlarındaki Yüzdesi (%)	0,15	2,73	9,04	32,80	55,28		100

Artvin OİM’nde bulunan ekonomik işletme sınıfındaki verimli orman alanlarında toplam 717,43 km orman yolu olduğu ve bu yolların %88,08’ini oluşturan 631,9 km uzunluğundaki kısmının IUFRO eğim gruplarına göre dik ve çok dik arazilerde olduğu bulunmuştur. Orman yollarının durumuna göre belirlenen sürütme mesafeleri arazi eğimi ile BÇ yöntemine karar vermede belirleyici kriterlerdendir.

Üretim amaçlı olarak işletilen ekonomik işletme sınıfına ait veriler sonrasında 2023 yılı üretim planı yapılan 83 adet alana ilişkin veriler ArcGIS ortamında değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda üretim planındaki alanlardan geçen yol miktarı ve üretim planında bulunan alanlara göre yol yoğunluğu değerleri sonucunda en yüksek yol yoğunluğu değerine sahip işletme Ortaköy OİŞ (43,71 m/ha), en düşük yol yoğunluğu değerine sahip işletme Çoruh OİŞ (27,17 m/ha) olduğu belirlenmiştir (Tablo 43).

Tablo 43. Kontrol Arazileri Geneline Ait Yol Ağına İlişkin Bilgiler

İşletme Şefliği	Yol Miktarı (km)	Üretim Alanı (ha)	Üretim Alanındaki Yol Yoğunluğu (m/ha)
Artvin	13,571	371,515	36,53
Çoruh	23,824	876,934	27,17
Deriner	29,813	897,776	33,21
Madenler	38,827	1296,499	29,95
Ortaköy	39,66	907,26	43,71
Saçinka	25,154	892,836	28,17
Taşlıca	34,685	796,655	43,54
Tütüncüler	19,915	500,137	39,82
Zeytinlik	39,195	1099,412	35,65
TOPLAM	264,644	7639,024	34,64

3.3. İlk Arazi Verilerine İlişkin Bulgular

Çalışmanın ilk aşamasını oluşturan veri setinin oluşturulması aşamasında ön arazi çalışmaları sonucunda elli adet deneme alanına ait veriler toplanmıştır. Yapılan çalışmalarda maliyet hesaplamaları literatürden ve güncel arazi verilerinden temin edilerek bir hesaplama yöntemi belirlenmiştir. Yapılan ön arazi çalışmaları sonucunda üretim maliyetinin en yüksek olduğu 800 m taşıma/sürütme mesafesine sahip ibreli ağaçların olduğu “c” çağında, “3” kapalılık değerine sahip, arazi engeli olan ve BÇ’nın AY (aşağıdan yukarı) yönde olduğu çalışma alanında olduğu belirlenmiştir. Alanda 1030 m³ çıkarılan ürün için üretim maliyeti 18086,80 \$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca günlük ortalama verimin 28 m³/gün olduğu çalışma alanında birim maliyet ve işin süresi sırası ile 17,56 \$/m³ ve 37 gün olarak bulunmuştur (Ek Tablo 4).

3.4. Oluşturulan Veri Tabanına İlişkin Bulgular

İlk arazi çalışmalarından edinilen verilere ek olarak veri sayısı artırılarak modelde 500 adet veri sayısına ulaşılmıştır. Her türlü arazi senaryosu dikkate alınarak yapılan karar veri setinde uygulanan tüm BÇ yöntemleri dikkate alınmıştır. Buna göre ülkemizde uygulanan İnsan Gücü, Oluk Sistemi, Mobil El Vinci, Traktörlerle Kablo Çekimi, Traktörlerle Zemin Üzerinde Sürütme, Kısa, Orta ve Uzun Mesafeli Hava Hatları olmak üzere 9 adet BÇ yöntemine uygun olarak veri seti oluşturulmuştur (Ek Tablo 5). Oluşturulan ve RapidMiner programında kullanılacak veri setinde BÇ yöntemlerinin dağılımları Tablo 38’de verilmiştir. Buna göre veri setini oluşturan verilerin BÇ yöntemi için KARAR olarak adlandırılan katmanında bulunan yöntemlerin dağılımları İG (52), ELV (40), OLK (50), OTS (63), OTC

(64), KMH (71), OMH (85) ve UMH (75) olarak bulunmuştur. Toplam 500 adet veriden oluşan set içerisinde en az veriye sahip BÇ yöntemi ELV (%8,0) ve en çok veriye sahip yöntem OMH (%17,0) olarak bulunmuştur (Tablo 44).

Tablo 44. Veri Seti Tablo Özeti

BÇ Yöntemi	BÇ Yönü		Yüzde	Arazi Engeli		Diri Örtü		Zemin Durumu	
	AY	YA	%	Var	Yok	Var	Yok	I	K
İG	-	52	10,4	-	52	-	52	27	25
ELV	40	-	8,0	-	40	-	40	11	29
OLK	-	50	10,0	25	25	35	15	18	32
OTS	24	39	12,6	-	63	-	63	11	52
OTC	64	-	12,8	-	64	-	64	30	34
KMH	71	-	14,2	48	23	32	39	33	38
OMH	53	32	17,0	50	35	53	32	32	53
UMH	44	31	15,0	48	27	39	36	37	38
Toplam	296	204	500	171	329	159	341	199	301
Yüzde (%)	59,2	40,8	100	34,2	65,8	31,8	68,2	39,8	60,2
<i>İG : İnsan Gücü OTC : Traktörle Kablo Çekimi</i> <i>ELV : Mobil El Vinci KMH : Kısa Mesafeli Hava Hattı</i> <i>OLK : Plastik Oluk OMH : Orta Mesafeli Hava Hattı</i> <i>OTS : Orman Traktörü ile Sürütme UMH : Uzun Mesafeli Hava Hattı</i>									

3.5. Karar Ağacına İlişkin Bulgular

Karar ağacına göre işlenen 500 adet deneme arazisi verisi ile Information Gain, Gini Index ve Accuracy olmak üzere 3 farklı kriterde yapılan hesaplamalar sonucunda modelin tahmin başarısı sırası ile %94,60, %91,80 ve %85,40 olarak bulunmuştur (Şekil 32).

☒ Table View ☐ Plot View									
accuracy: 94.60% +/- 2.30% (micro average: 94.60%)									
	true OTS	true OMH	true OLK	true ELV	true KMH	true UMH	true OTC	true IG	class precision
pred. OTS	56	0	1	0	2	0	0	0	94.92%
pred. OMH	0	79	2	0	2	0	0	0	95.18%
pred. OLK	0	6	47	0	0	0	0	1	87.04%
pred. ELV	0	0	0	39	0	0	2	0	95.12%
pred. KMH	0	0	0	0	66	0	2	0	97.06%
pred. UMH	0	0	0	0	0	75	0	0	100.00%
pred. OTC	1	0	0	1	1	0	60	0	95.24%
pred. IG	6	0	0	0	0	0	0	51	89.47%
class recall	88.89%	92.94%	94.00%	97.50%	92.96%	100.00%	93.75%	98.08%	

Şekil 32. Information Gain Kriterinin Performans Tablosu

En iyi tahmini veren Information Gain kriteri göre en iyi tahmini UMH için tahmin başarısı %100 olarak hesaplanmıştır. Veri setinde bulunan 75 örneğin (UMH) tamamını doğru tahmin etmiştir. En düşük tahmin başarısı ise OTS için hesaplanmış ve %88,89 olarak bulunmuştur. OTS için veri setinde bulunan 63 adet veriden 56 tanesini doğru tahmin eden model 7 tanesini İG sınıfında tahmin etmiştir.

Modelin performansına ait konfüzyon matrisi ve buna ilişkin diğer performans ölçütleri de hesaplanmıştır. Modelin performans ölçütlerine göre başarısı %94-99 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 45). Hesaplamalar aşağıdaki formüllere göre yapılmıştır. Öncelikle konfüzyon matris oluşturulmuş (Şekil 33) daha sonra sırası ile doğruluk (Eşitlik 3), duyarlılık (Eşitlik 4), kesinlik (Eşitlik 5) ve F1 skor (Eşitlik 6) ölçütleri hesaplanmıştır.

		Var olan Durum	
		Pozitif Durumlar	Negatif Durumlar
Tahmin	Pozitif	TP	FP
	Negatif	FN	TN

TP: True Positive
FP: False Positive
FN: False Negative
TN: True Negative

Şekil 33. Konfüzyon Matrisi (Coşkun vd., 2021)

$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3)$$

$$\text{Duyarlılık (Recall)} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

Elde edilen performans tablosundaki precision (kesinlik) ve recall (duyarlılık) verileri kullanılarak harmonik ortalamaları bulmak için “F-Score” değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$F - score = 2x \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (6)$$

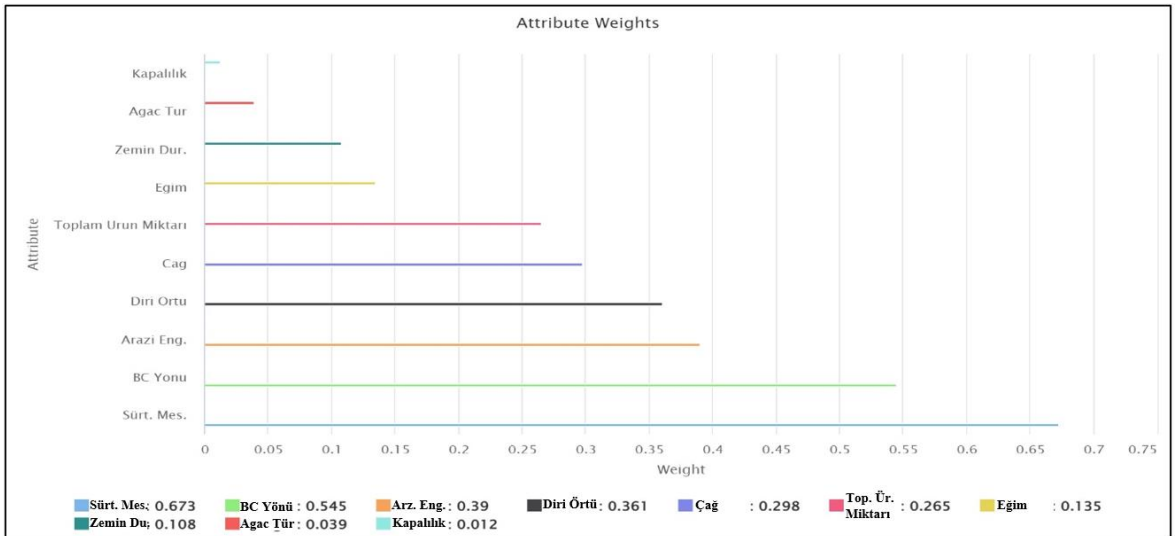
Hesaplamalar sonucunda F-Score değerleri şu şekilde bulunmuştur: OTS (0,92), OMH (0,94), OLK (0,90), ELV (0,96), KMH (0,95), UMH (1,00), OTC (0,94) ve IG (0,94) olarak

bulunmuştur. Modelin tahmin başarısının F-Score değeri ortalaması %94,45 (0.94) (Tablo 45).

Tablo 45. Performans Ölçütleri

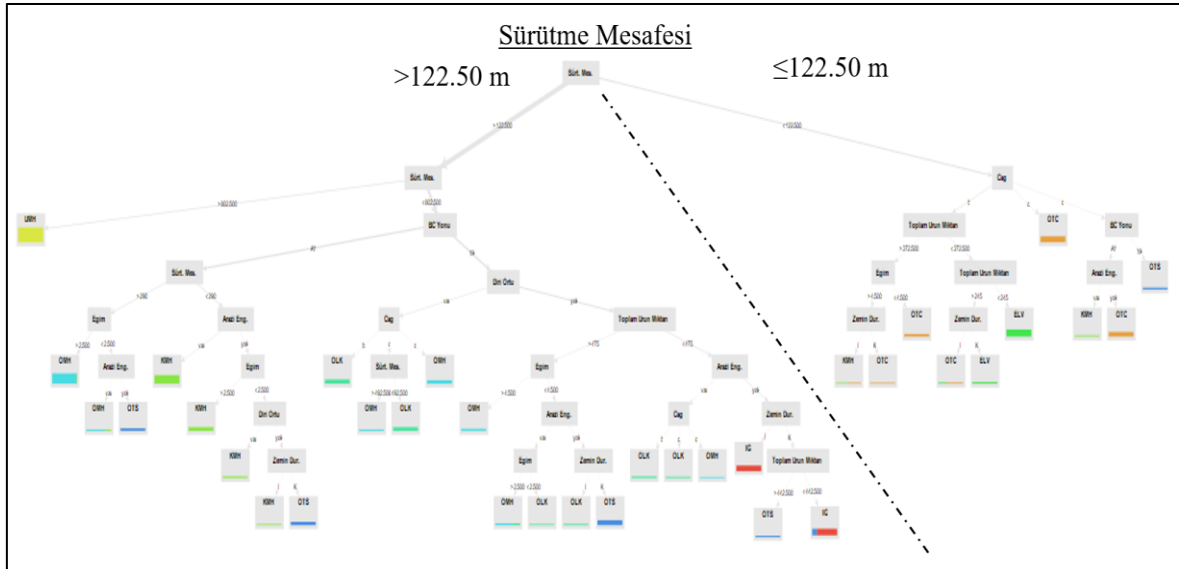
Konfüzyon Matrisi					Diğer Performans Ölçütleri			
	TP	FN	FP	TN	Doğruluk (Accuracy)	Duyarlılık (Recall)	Kesinlik (Precision)	F1 Skor
OTS	56	3	7	434	0.98	0.95	0.89	0.92
OMH	79	4	6	411	0.98	0.95	0.93	0.94
OLK	47	7	3	443	0.98	0.87	0.94	0.90
ELV	39	2	1	458	0.99	0.95	0.98	0.96
KMH	66	2	5	427	0.99	0.97	0.93	0.95
UMH	75	0	0	425	1.00	1.00	1.00	1.00
OTC	60	3	4	433	0.99	0.95	0.94	0.94
IG	51	6	1	442	0.99	0.89	0.98	0.94
Ortalama					0.99	0.94	0.95	0.94

Değişken arazi koşullarına ait veriler üzerinde yüksek başarı yüzdesi ile karar verebilen model veri setindeki parametreleri kendi içerisinde ağırlıklandırarak sonuç hesaplamıştır. Yapılan hesaplamalara göre karar vermede en etkili parametrenin 0,673 puan ile sürütme mesafesi, 0,545 puan ile BÇ yönü olduğunu belirlemiştir. Karar vermede en az BÇ yöntemini etkileyen parametrenin ise 0,012 puan ile kapallılık olduğu sonucunu bulmuştur (Şekil 34).



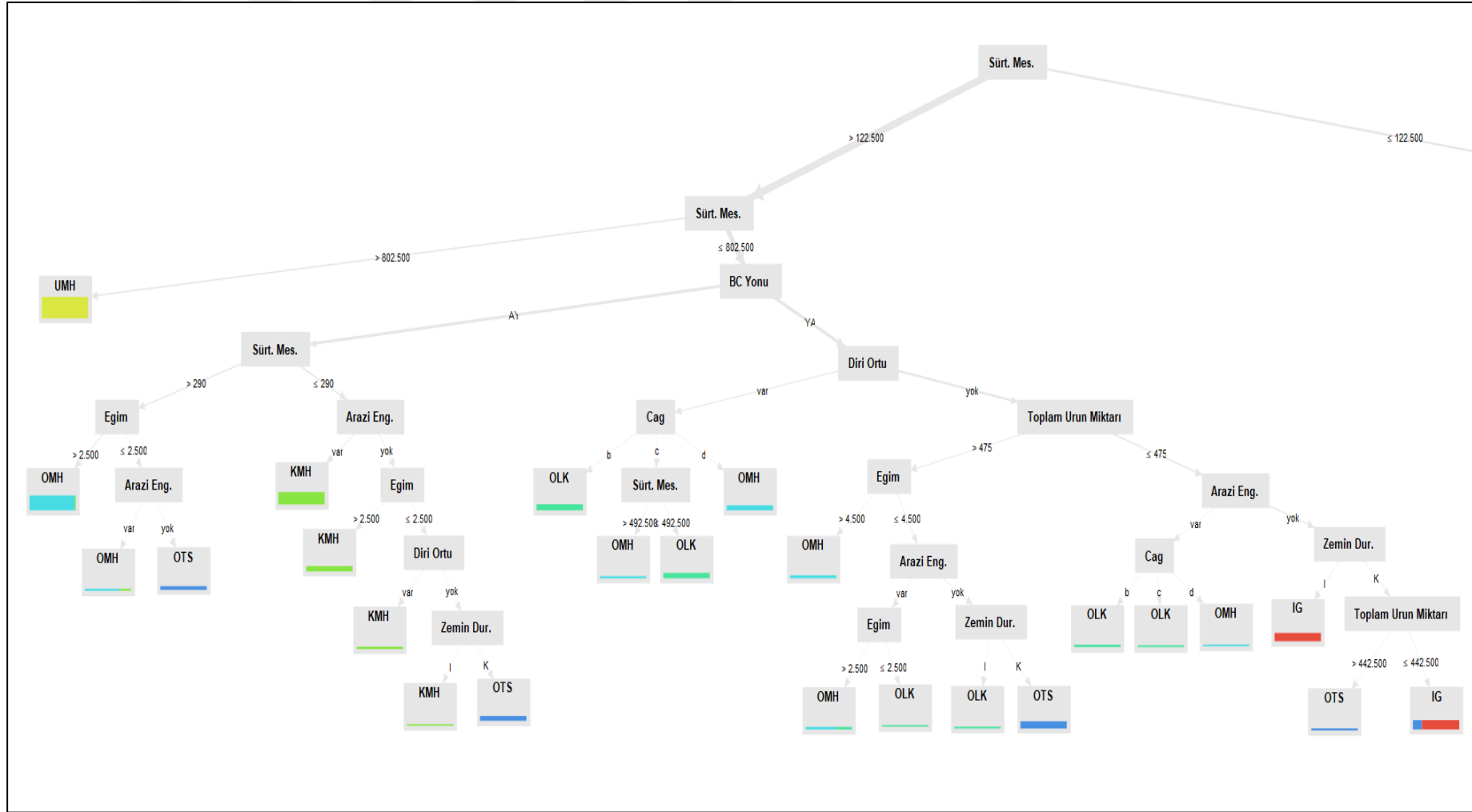
Şekil 34. Modelin Sınıf Ağırlıkları

Veri setine göre oluşturulan karar ağacı Şekil 35'te verilmiştir. Karar ağacında sınıf ağırlıklarına göre en yüksek değere sahip olan sürütme mesafesi ağacın başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Sürütme mesafesi 122,50 m'den büyük olan (Şekil 36) alanlar ve küçük olan (Şekil 38) alanlar olarak iki kritere göre dallanma yapılmıştır.



Şekil 35. Veri Setine Ait Karar Ağacı

Sürütme mesafesinin 122,50 m’den büyük olduğu alanlar da yine sürütme mesafesinin önemli olduğu model tarafından belirlenerek 802,50 m’den büyük olan alanlar ve küçük olan alanlar olarak ikiye ayrılmıştır (Şekil 36).



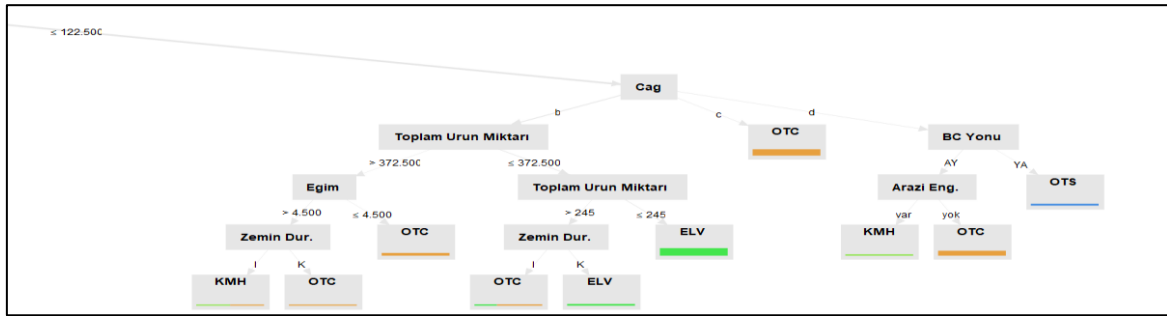
Şekil 36. Modele Göre 122,50 m'den Büyük Olan Alanlar İçin Karar Ağacı Yapısı

Oluşturulan veri setinden elde edilen model ile 802,50 m'den büyük olan taşıma/sürütme mesafesine sahip alanlarda doğrudan UMH sonucu bulunmuştur. 802,50 m'den küçük olan taşıma/sürütme mesafesine sahip alanlar (122,50 – 802,50 m arası) BÇ yönü belirleyici etken olarak model tarafından kullanılmıştır. AY ve YA yönde BÇ yapılan alanları ayrı ayrı değerlendiren model AY dalında sürütme mesafesi ile ayrılmış 290 m'den büyük ve küçük eşit olarak ikiye dallanma yapmıştır. 290 m'den büyük olan dal eğim kriteri ile ikiye ayrılmış IUFRO eğim değeri 2,5'ten (küçük olanlar 1. ve 2. eğim grubu, büyük olanlar 3., 4. ve 5. eğim grubu) büyük ve küçük eşit olarak yapılan dallanmalarda 2,5 eğim değerinden büyük olan dal karar sınıfında OMH ile bölmeden çıkarma kararını vermiştir. Oluşturulan ağacın liste görünümü aşağıda verilmiştir (Şekil 37).

Tree	
Sürt. Mes. > 122.500	
Sürt. Mes. > 802.500: UMH	{OTS=0, OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=75 , OTC=0, IG=0}
Sürt. Mes. ≤ 802.500	
BC Yönü = AY	
Sürt. Mes. > 290	
Eğim > 2.500: OMH	{OTS=0, OMH=50 , OLK=0, ELV=0, KMH=1 , UMH=0, OTC=0, IG=0}
Eğim ≤ 2.500	
Arazi Eng. = var: OMH	{OTS=0, OMH=3 , OLK=0, ELV=0, KMH=1 , UMH=0, OTC=0, IG=0}
Arazi Eng. = yok: OTS	{ OTS=10 , OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Sürt. Mes. ≤ 290	
Arazi Eng. = var: KMH	{OTS=0, OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=42 , UMH=0, OTC=0, IG=0}
Arazi Eng. = yok	
Eğim > 2.500: KMH	{OTS=0, OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=16 , UMH=0, OTC=0, IG=0}
Eğim ≤ 2.500	
Diri Örtü = var: KMH	{OTS=0, OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=5 , UMH=0, OTC=0, IG=0}
Diri Örtü = yok	
Zemin Dur. = I: KMH	{OTS=0, OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=2 , UMH=0, OTC=0, IG=0}
Zemin Dur. = K: OTS	{ OTS=14 , OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
BC Yönü = YA	
Diri Örtü = var	
Çağ = b: OLK	{OTS=0, OMH=0, OLK=19 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Çağ = c	
Sürt. Mes. > 492.500: OMH	{OTS=0, OMH=4 , OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Sürt. Mes. ≤ 492.500: OLK	{OTS=0, OMH=0, OLK=16 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Çağ = d: OMH	{OTS=0, OMH=15 , OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Diri Örtü = yok	
Toplam Urun Miktarı > 475	
Eğim > 4.500: OMH	{OTS=0, OMH=7 , OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Eğim ≤ 4.500	
Arazi Eng. = var	
Eğim > 2.500: OMH	{OTS=0, OMH=4 , OLK=2 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Eğim ≤ 2.500: OLK	{OTS=0, OMH=0, OLK=2 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Arazi Eng. = yok	
Zemin Dur. = I: OLK	{OTS=0, OMH=0, OLK=3 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Zemin Dur. = K: OTS	{ OTS=23 , OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Toplam Urun Miktarı ≤ 475	
Arazi Eng. = var	
Çağ = b: OLK	{OTS=0, OMH=0, OLK=5 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Çağ = c: OLK	{OTS=0, OMH=0, OLK=3 , ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Çağ = d: OMH	{OTS=0, OMH=2 , OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Arazi Eng. = yok	
Zemin Dur. = I: IG	{OTS=0, OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=27 }
Zemin Dur. = K	
Toplam Urun > 442.500: OTS	{ OTS=4 , OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=0}
Toplam Urun ≤ 442.500: IG	{ OTS=6 , OMH=0, OLK=0, ELV=0, KMH=0, UMH=0, OTC=0, IG=25 }

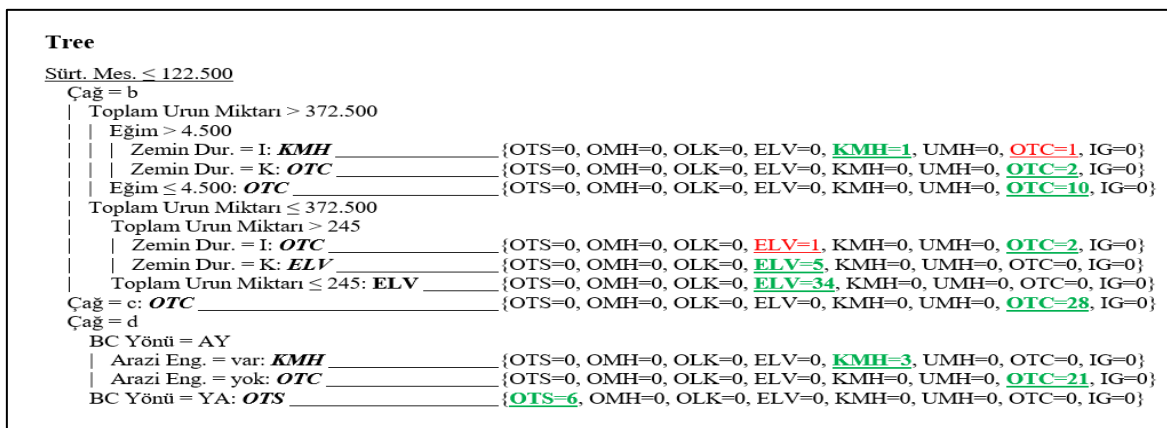
Şekil 37. Karar Ağacının 122,50 m'den Büyük Olan için Liste Görünümü

Oluşturulan ağacın 122,50 m ya da daha kısa mesafeler için kullanılan veri setindeki öğrenmelere göre öncelikli belirleyici kriterin çağ olduğu görülmüştür. Üretim çalışmalarında kullanılan “b, c ve d” çağlarındaki ağaçlar için ayrı ayrı değerlendirme yapan model de “b” ve “c” çağlarındaki ağaçlar için BÇ yönünün dikkate alınmadığı, “d” çağında dikkate alındığı belirlenmiştir (Şekil 38).



Şekil 38. Modele Göre 122,50 m ya da Kısa Olan Alanlar İçin Karar Ağacı Yapısı

RapidMiner programı içerisinde oluşturulan modele göre oluşturulan ağacın liste görünümü aşağıda verilmiştir. Buna göre karar BÇ yöntemi koyu renkli olarak gösterilmiştir. Modelin tahmin sayıları içerisinde en çok veri olan sınıf yeşil renkli olarak işaretlenmiştir (Şekil 39).



Şekil 39. Karar Ağacının 122,50 m ya da Kısa Olan Alanlar İçin Liste Görünümü

3.6. Kontrol Arazilerinin Belirlenmesine İlişkin Bulgular

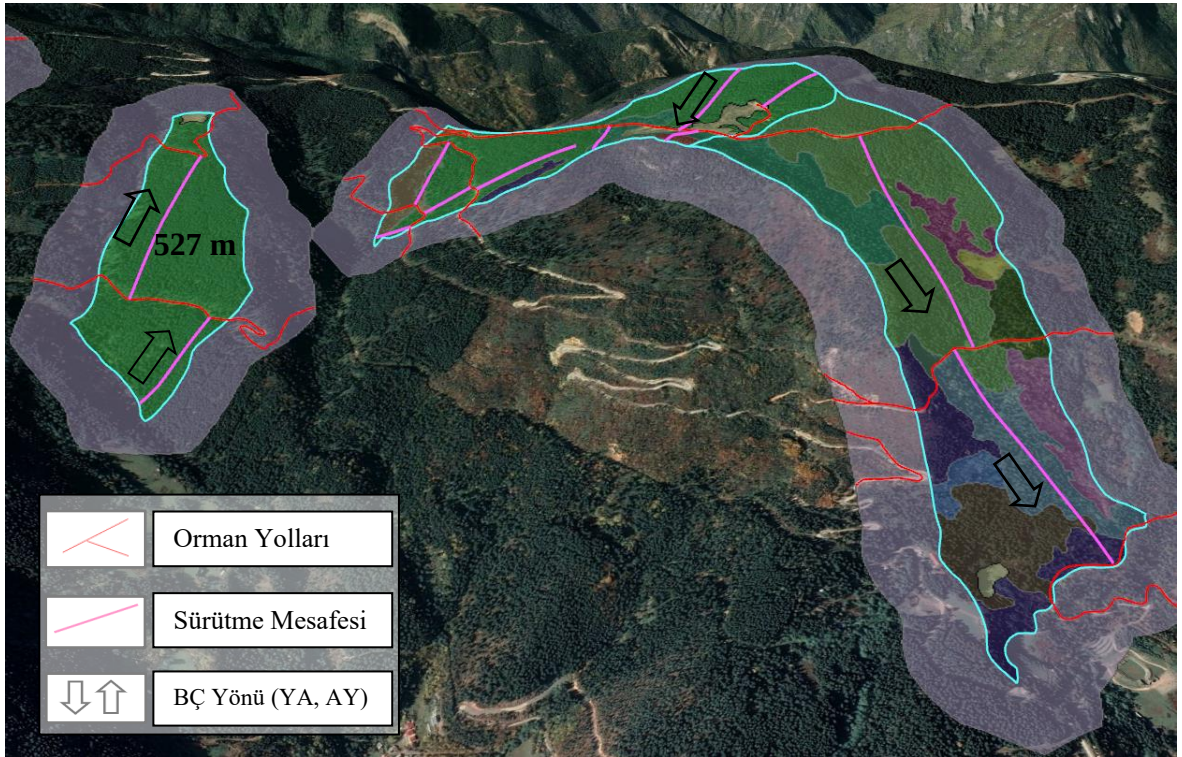
Kontrol arazileri olarak belirlenen 2023 yılı üretim planında yer alan alanlarda karar ağaçları metodunun uygulanabilmesi alanda mevcut halde bulunan orman yoluna göre

maksimum sürütme mesafeleri, BÇ yönü tespitleri yapılmıştır. Kontrol arazilerinde yapılan hesaplamalara göre IUFRO grupları dağılımı III, IV ve V. eğim grupları arasında olduğu, I. ve II. sınıf eğim değerlerinin kontrol arazilerinde olmadığı bulunmuştur (Tablo 46).

Tablo 46. Kontrol Arazilerine Ait Sürütme Mesafeleri-BÇ Yönü-Eğim Grupları

#	İşletme Şekli	Bölme No	Meşcere	Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	BÇ Yönü	IUFRO Eğim Sınıfı	#	İşletme Şekli	Bölme No	Meşcere	Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	BÇ Yönü	IUFRO Eğim Sınıfı
1	Artvin	78	LGcd3	527	AY	4	43	Saçinka	161	LGcd3	595	AY	5
2		100	LKnd2	338	AY	5	44			LGcd2	237	YA	5
3	Çoruh	21	Lbc3	368	YA	5	45		162	KnLb3	216	YA	5
4			ÇsLbc3	294	YA	5	46			LGcd3	176	YA	4
5			ÇsLcd3	206	AY	3	47		173	Kncd3	544	YA	5
6			ÇsLcd3	324	YA	3	48			Knnd3	404	YA	5
7			Çscd2	432	AY	4	49		189	GKncd3	413	AY	5
8			Çsb3	300	AY	4	50			GLd3	231	YA	5
9		40	Çsbc2	483	YA	5	51		Taşlıca	ÇsLcd2/0a	217	YA	5
10			Çsc3	203	YA	5	52			LGd2/0a	516	AY	4
11			Çsc3	301	YA	4	53		41	Lcd3	152	AY	5
12			ÇsLcd3	298	YA	5	54			GLcd3	406	AY	5
13			Çsc3	203	YA	4	55			Lcd3	718	YA	5
14			Çsc3	252	AY	4	56			Lbc3	359	YA	5
15			Çsc2	466	YA	5	57		43	LGcd3	256	AY	5
16		122	Çscd2	329	AY	5	58			ÇsLcd3	200	YA	5
17			ÇsLbc2	436	YA	5	59		48	LGcd3	439	YA	3
18			GLcd2	281	AY	5	60		49	LGcd3	235	YA	3
19			ÇsLcd3	761	YA	5	61		55	LGbc3	433	YA	4
20		157	ÇsLcd3	297	YA	4	62		56	LGbc3	429	YA	4
21			GLcd3	311	AY	5	63	Tüttüncüler	34	LKnnd3	316	AY	4
22			ÇsMzbc2	111	YA	5	64			KnKscd2	475	AY	5
23	Deriner	52	LKnnd3	311	YA	5	65			KnLcd2	217	AY	4
24		53	LKnnd3	316	AY	5	66		35	KnLcd3	197	YA	3
25		107	KGncd3	350	YA	5	67			Ld3	426	AY	4
26	Madenler	154	Lbc3	375	AY	5	68			KnLcd2	217	AY	4
27		155	ÇsLbc3	800	YA	5	69		49	Lcd3	477	AY	5
28			Çscd2	552	YA	5	70			Ld2	154	YA	3
29		164	Çscd3	301	YA	4	71		50	Lcd3	419	YA	4
30		167	Çscd3	603	YA	4	72			KnLcd3	288	YA	4
31			Çscd2	712	YA	4	73			LÇscd2	361	YA	4
32	Ortaköy	166	GLcd3	488	YA	5	74	Zeytinlik	63	LKnnd2/0a	591	AY	3
33		178	KnGcd3	745	YA	5	75		5	KnLcd3	397	YA	5
34		220	GLcd3	344	AY	5	76			Lcd3	342	AY	4
35		221	ÇsGcd2	267	AY	5	77			LKnnd3	138	AY	4
36		323	LGbc3	645	AY	5	78		15	LKnnd3	416	YA	5
37	Saçinka	324	GLcd3	497	YA	5	79		19	KnLcd3	166	AY	3
38		10	LÇsc3	436	AY	4	80			LKnnd3	283	AY	5
39		11	LÇscd3	258	YA	4	81		23	Knnd3	311	YA	4
40		140	LKnnd2	335	YA	5	82			LKnnd3	530	AY	4
41			LGcd3	852	YA	5	83			LGcd3	549	YA	4
42			KnGcd3	614	YA	5							

Bölme bazında belirlenen BÇ yönleri ve sürütme mesafeleri sonucunda 83 meşcereden 33 tanesinde aşağıdan yukarı yönde (AY), 50 adet yukarıdan aşağı yönde (YA) BÇ yapılması uygun bulunmuştur. AY yönde yapılan BÇ çalışmalarında en uzun taşıma/sürütme mesafesinin 645 m, en kısa mesafenin 152 m olduğu bulunmuştur. YA yönde yapılan BÇ çalışmalarında ise en uzun taşıma/sürütme mesafesinin 800 m, en kısa mesafenin 111 m olduğu belirlenmiştir. Örneğin Artvin OİŞ üretim bölmelerinden 78 numaralı bölmede maksimum sürütme mesafesi 527 m, BÇ yönü de AY (aşağıdan yukarı) olarak bulunmuştur (Şekil 40).



Şekil 40. Çalışma Alanlarındaki Yol Ağları, Sürütme Mesafesi ve BÇ Yönü

3.7. Kontrol Arazilerine Ait Bulgular

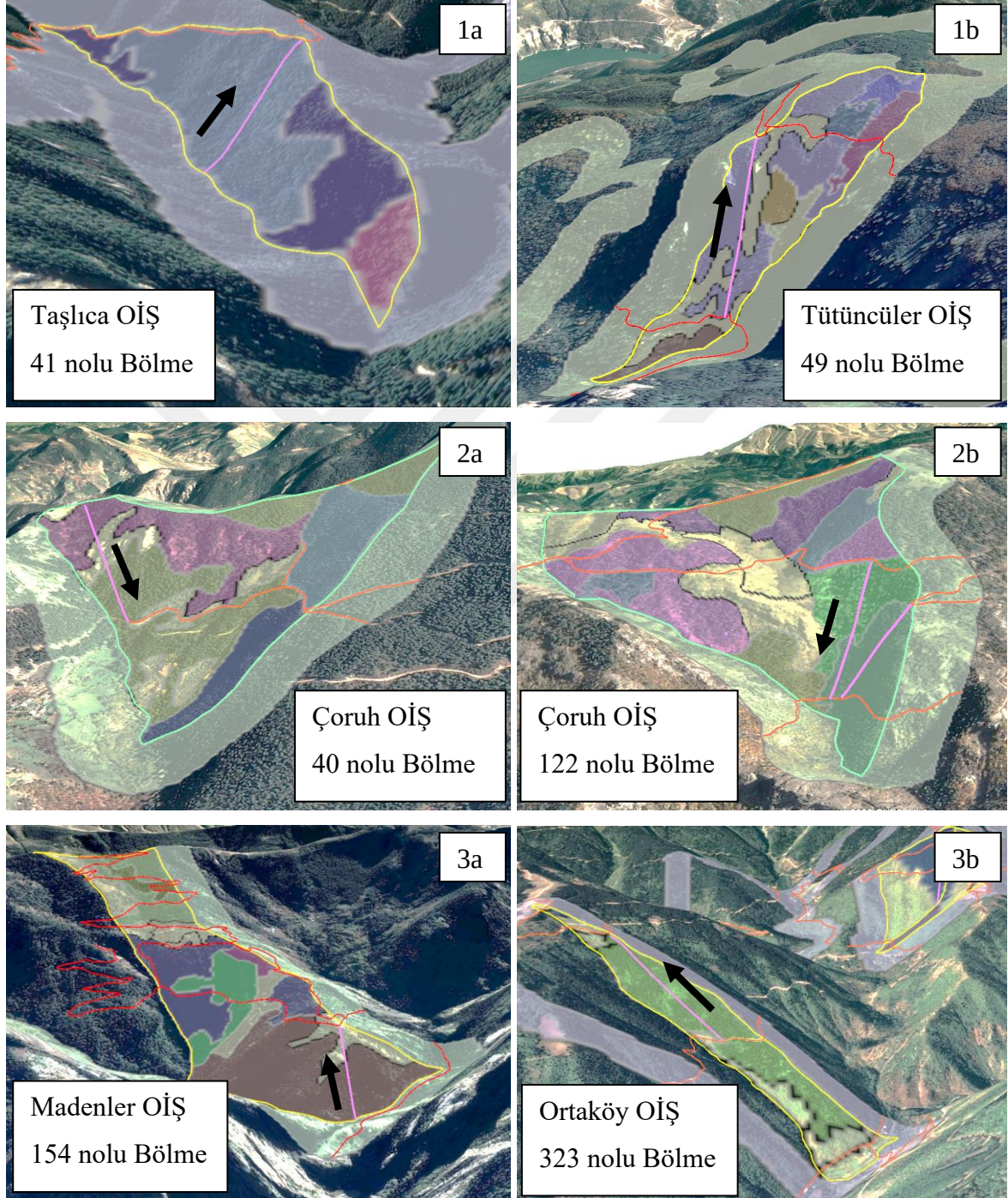
2023 üretim planı içerisinde bulunan üretim alanlarından benzer özelliklere sahip alanlar çift olarak belirlendi. Buna göre çalışma alanlarından 10 arazi çifti olmak üzere toplam 20 kontrol arazisi belirlendi. Belirlenen arazi çiftlerinden 4 tanesi modele göre farklı BÇ yöntemi sonucu verdiği için değerlendirme dışı bırakılmıştır. Ağaç türü, çağ, kapalılık, BÇ yönü, arazi engeli, diri örtü, zemin durumu, eğim, çıkarılacak ürün miktarı ve maksimum

sürütme mesafeleri dikkate alınarak yapılan eşleşmeler sonucunda model KMH, OMH ve IG ile BÇ yönünde bulgular elde edilmiştir (Tablo 47).

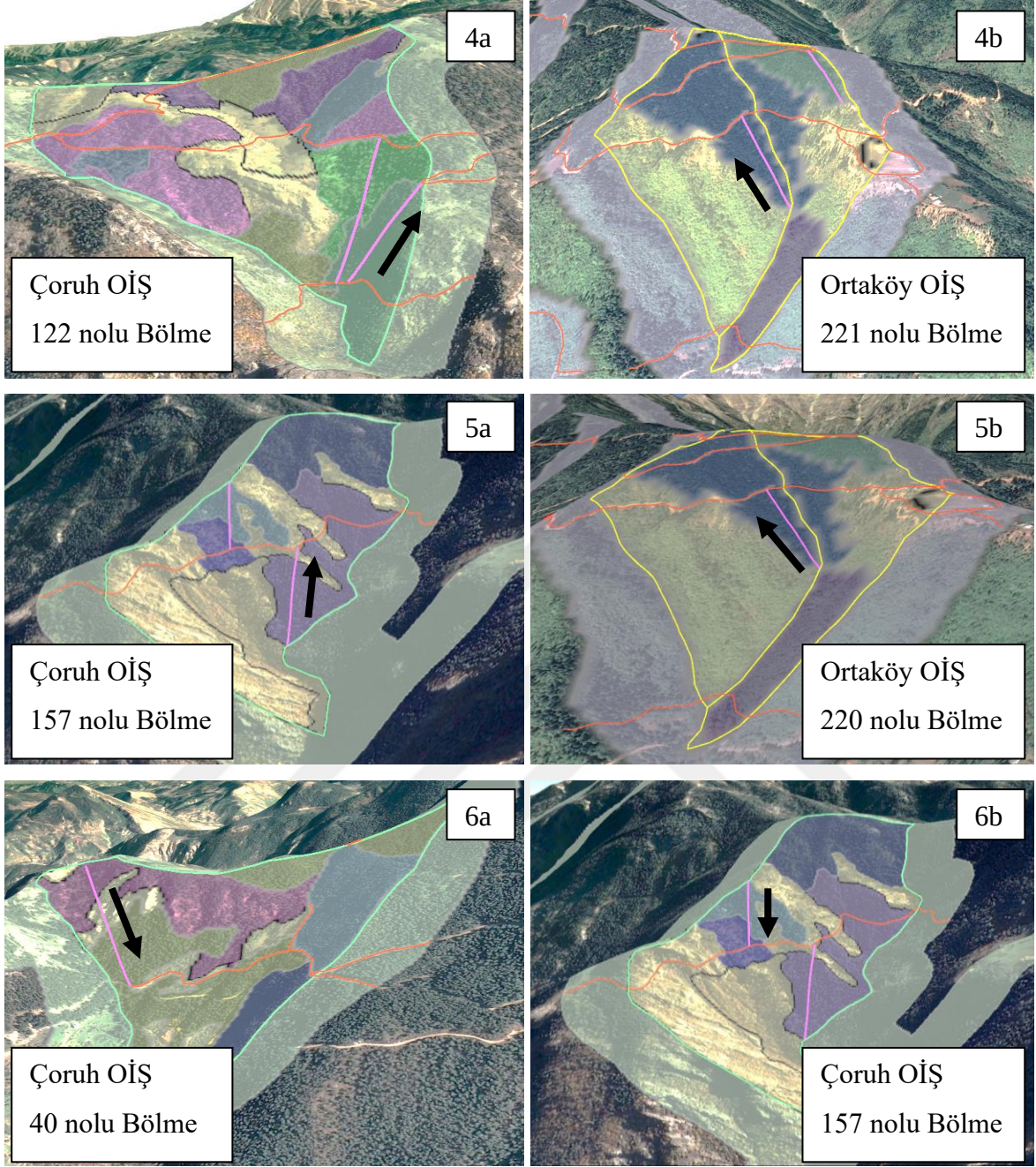
Tablo 47. Kontrol Arazi Çiftleri

İşletme Şekli	Bölme No	Meşcere	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapalılık	BÇ Yönü	Çıkarılacak Ürün Miktarı (m ³)	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim	KARAR AĞACI YÖNTEM SEÇİMİ	Alan Çiftleri
Taşlıca	41	GLcd3	62	406	İ	c	3	AY	953	var	var	I	5	OMH	1a
Tütüncüler	49	Lcd3	73	477	İ	c	3	AY	629	var	var	I	5	OMH	1b
Çoruh	40	Çsbc2	58	483	İ	b	2	YA	187	yok	yok	K	5	IG	2a
Çoruh	122	ÇsLbc2	68	436	İ	b	2	YA	75	yok	yok	K	5	IG	2b
Madenler	154	Lbc3	57	375	İ	b	3	AY	403	yok	yok	K	5	OMH	3a
Ortaköy	323	LGbc3	66	645	İ	b	3	AY	401	yok	yok	K	5	OMH	3b
Çoruh	122	GLcd2	68	281	İ	c	2	AY	360	yok	yok	K	5	KMH	4a
Ortaköy	221	ÇsGcd2	52	267	İ	c	2	AY	367	yok	yok	K	5	KMH	4b
Çoruh	157	GLcd3	64	311	İ	c	3	AY	507	yok	yok	K	5	OMH	5a
Ortaköy	220	GLcd3	61	344	İ	c	3	AY	556	yok	yok	K	5	OMH	5b
Çoruh	40	Çsc3	37	301	İ	c	3	YA	177	yok	yok	K	4	IG	6a
Çoruh	157	ÇsLcd3	50	297	İ	c	3	YA	118	yok	yok	K	4	IG	6b
Deriner	52	LKncd3	57	311	K	c	3	YA	1840	yok	yok	I	5	OMH	7
Deriner	107	KGncd3	55	350	K	c	3	YA	453	yok	yok	I	5	IG	
Madenler	164	Çscd3	38	301	İ	c	3	YA	675	yok	yok	K	4	OTS	8
Saçınka	11	LÇscd3	38	258	İ	c	3	YA	313	yok	yok	K	4	IG	
Çoruh	122	Çsc2	56	466	İ	c	2	YA	206	yok	yok	K	5	OTS	9
Saçınka	161	LGcd2	67	237	İ	c	2	YA	216	yok	yok	K	5	IG	
Çoruh	122	Çsc3	42	252	İ	c	3	AY	356	yok	yok	K	4	KMH	10
Saçınka	10	LÇsc3	37	436	İ	c	3	AY	621	yok	yok	K	4	OMH	

Kontrol arazilerine ilişkin eşleşmeler sonucunda model benzer BÇ yöntemi önermiştir. Planlı olan arazilerde modelin önerdiği yöntem, planlı olmayan arazilerde izleme şeklinde çalışmalar yapılmıştır (Şekil 41 ve Şekil 42).



Şekil 41. Kontrol Arazi Çiftleri (1, 2 ve 3)



Şekil 42. Kontrol Arazi Çiftleri (4, 5 ve 6)

3.7.1. Planlı Arazilere İlişkin Bulgular

Eğim, BÇ yönü, ağaç türü, taşıma/sürütme mesafesi (yaklaşık), üretim miktarı, arazi engeli ve diri örtü gibi veriler bakımından birbirine benzer özellikte ikişer araziden oluşan arazi çiftlerinden birer adetinde planlama, model tarafından belirlenen BÇ yöntemine göre yapılmıştır. Tablo 46’da verilen 12 kontrol arazisinden 6 tanesinde model tarafından

belirlenmiş olan BÇ yöntemleri uygulanmıştır. 1a, 2a, 3a, 4a, 5a ve 6a ile gösterilen alanlarda yapılan arazi çalışmaları sonucunda günlük verimlilik değerleri hesaplanmış olup sırası ile 54,2 m³, 14,8 m³, 58,4 m³, 37,6 m³, 73,4 m³ ve 17,8 m³ olarak bulunmuştur (Tablo 48).

Tablo 48. Planlı Arazilerdeki Verimlilik Değerleri

İşletme Şekli	Bölme No	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapalılık	BÇ Yönü	Çıkarılacak Ürün Miktarı (m ³)	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim	MODELİN SEÇİMİ (Uygulanan)	Alan Çiftleri	Günlük Verim (m ³ /gün)
Taşlıca	41	406	İ	c	3	AY	953	var	var	I	5	OMH	1a	54,2
Çoruh	40	483	İ	b	2	YA	187	yok	yok	K	5	IG	2a	14,8
Madenler	154	375	İ	b	3	AY	403	yok	yok	K	5	OMH	3a	58,4
Çoruh	122	281	İ	c	2	AY	360	yok	yok	K	5	KMH	4a	37,6
Çoruh	157	311	İ	c	3	AY	507	yok	yok	K	5	OMH	5a	73,4
Çoruh	40	301	İ	c	3	YA	177	yok	yok	K	4	IG	6a	17,8

3.7.2. Plan Yapılmamış Arazilere İlişkin Bulgular

Plan yapılmadan sadece izleme yapılan kontrol arazilerinde uygulanan BÇ yönteminin modelin tahmin ettiği yöntemle aynı olduğu bulunmuştur. Arazide yapılan çalışmaların izlendiği alanlarda 1b, 2b, 3b, 4b, 5b ve 6b olarak gösterilen alanlara ait günlük verimlilik miktarları sırası ile 47,1 m³, 15,4 m³, 37,8 m³, 40,4 m³, 65,2 m³ ve 18,0 m³ olduğu bulunmuştur (Tablo 49).

Tablo 49. Plan Yapılmamış İzlenen Arazilere İlişkin Verimlilik Değerleri

İşletme Şekli	Bölme No	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapalılık	BÇ Yönü	Çıkarılacak Ürün Miktarı (m ³)	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim	MODELİN SEÇİMİ	UYGULANAN BÇ YÖNTEMİ	Alan Çiftleri	Günlük Verim (m ³ /gün)
Tütüncüler	49	477	İ	c	3	AY	629	var	var	I	5	OMH	OMH	1b	47,1
Çoruh	122	436	İ	b	2	YA	75	yok	yok	K	5	IG	IG	2b	15,4
Ortaköy	323	645	İ	b	3	AY	401	yok	yok	K	5	OMH	OMH	3b	37,8
Ortaköy	221	267	İ	c	2	AY	367	yok	yok	K	5	KMH	KMH	4b	40,4
Ortaköy	220	344	İ	c	3	AY	556	yok	yok	K	5	OMH	OMH	5b	65,2
Çoruh	157	297	İ	c	3	YA	118	yok	yok	K	4	IG	IG	6b	18,0

3.8. Uygulanan Modelin Başarısına İlişkin Bulgular

Ön arazi çalışmaları ve veri seti oluşturulduktan sonra elde edilen modelin %94,60 başarı oranına ulaşması sonrası kontrol arazilerine ilişkin olarak verilen kararlara bakıldığında planlı ve plansız arazilerde benzer yöntemler önerilmiştir. Modelin verdiği kararlar ile uzman üretim personelinin verdiği kararlar birbirine benzer çıkmıştır. Yapılan BÇ çalışmalarına ait yaklaşık maliyet ve işin tamamlanması için gereken süre bakımından yapılan değerlendirmeler de birbirine benzer çıkmıştır.

3.8.1. Ekonomik Bakımdan

Kontrol arazilerinde yapılan BÇ çalışmaları sonucunda üretim maliyetleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalara göre arazi çiftleri arasında en düşük üretim maliyeti IG ile yapılan çalışmalarda, en yüksek maliyetli çalışmalar ise makine kullanılan BÇ çalışmalarından olan OMH ile BÇ çalışmalarında olduğu bulunmuştur (Tablo 50).

Tablo 50. Kontrol Arazilerinde Üretim Maliyetlerinin Karşılaştırılması

İşletme Şefliği	Alan Çiftleri	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapalılık	BÇ Yönü	Çıkarılacak Ürün Miktarı (m ³)	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim	BÇ Yöntemi	Birim Maliyet (\$/m ³)	Üretim Maliyeti (\$)
Taşlıca	1a	62	406	İ	c	3	AY	953	var	var	I	5	OMH	8,91	8493,50
Tütüncüler	1b	73	477	İ	c	3	AY	629	var	var	I	5	OMH	10,47	6583,07
Çoruh	2a	58	483	İ	b	2	YA	187	yok	yok	K	5	IG	18,42	3453,98
Çoruh	2b	68	436	İ	b	2	YA	75	yok	yok	K	5	IG	16,63	1247,90
Madenler	3a	57	375	İ	b	3	AY	403	yok	yok	K	5	OMH	8,23	3314,15
Ortaköy	3b	66	645	İ	b	3	AY	401	yok	yok	K	5	OMH	14,16	5683,22
Çoruh	4a	68	281	İ	c	2	AY	360	yok	yok	K	5	KMH	9,58	3450,57
Ortaköy	4b	52	267	İ	c	2	AY	367	yok	yok	K	5	KMH	9,11	3342,40
Çoruh	5a	64	311	İ	c	3	AY	507	yok	yok	K	5	OMH	6,83	3459,17
Ortaköy	5b	61	344	İ	c	3	AY	556	yok	yok	K	5	OMH	7,55	4200,13
Çoruh	6a	37	301	İ	c	3	YA	177	yok	yok	K	4	IG	12,93	2293,66
Çoruh	6b	50	297	İ	c	3	YA	118	yok	yok	K	4	IG	12,76	1508,95

3.8.2. Zamansal Bakımdan

Kontrol arazilerinde yapılan üretim çalışmalarında arazi çiftleri içerisinde işin tamamlanma süresi en fazla olan çiftlerin ürün miktarı dikkate alındığında makine gücü ile yapılan çalışmalarda olduğu belirlenmiştir (Tablo 51).

Tablo 51. Kontrol Arazilerinde İşin Tamamlanma Sürelerinin Karşılaştırılması

İşletme Şefliği	Alan Çiftleri	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapalılık	BÇ Yönü	Çıkarılacak Ürün Miktarı (m ³)	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim	BÇ Yöntemi	Günlük Verim (m ³ /gün)	İşin Yaklaşık Süresi
Taşlıca	1a	62	406	İ	c	3	AY	953	var	var	I	5	OMH	54,2	18
Tütüncüler	1b	73	477	İ	c	3	AY	629	var	var	I	5	OMH	47,1	14
Çoruh	2a	58	483	İ	b	2	YA	187	yok	yok	K	5	IG	14,8	13
Çoruh	2b	68	436	İ	b	2	YA	75	yok	yok	K	5	IG	15,4	5
Madenler	3a	57	375	İ	b	3	AY	403	yok	yok	K	5	OMH	58,4	5
Ortaköy	3b	66	645	İ	b	3	AY	401	yok	yok	K	5	OMH	37,8	7
Çoruh	4a	68	281	İ	c	2	AY	360	yok	yok	K	5	KMH	37,6	10
Ortaköy	4b	52	267	İ	c	2	AY	367	yok	yok	K	5	KMH	40,4	10
Çoruh	5a	64	311	İ	c	3	AY	507	yok	yok	K	5	OMH	73,4	7
Ortaköy	5b	61	344	İ	c	3	AY	556	yok	yok	K	5	OMH	65,2	9
Çoruh	6a	37	301	İ	c	3	YA	177	yok	yok	K	4	IG	17,8	10
Çoruh	6b	50	297	İ	c	3	YA	118	yok	yok	K	4	IG	18,0	7

3.9. Geliştirilen Mobil Uygulamaya İlişkin Bulgular

Geliştirilen yazılımla elde edilen mobil uygulama KA modelinin pratik olarak kullanılabilmesine imkân tanımıştır. Sonuçlar sadece dolar cinsinden olabileceği gibi kur değeri girildikten sonra TL cinsinden de verilebilmektedir (Şekil 42). Yapılan değerlendirmeler sonucunda mobil uygulamanın yöntem olarak KA modelimizden elde edilen yöntem olduğu, tahmini maliyet ve iş süresinin de yöntemle tutarlı olduğu bulunmuştur.

16:30

Eğimi Giriniz Sürütme Mesafesi

4: %34-50 460

Ağaç Seçiniz Çağ Seçiniz

I: İbrelİ d

Kapalılık Taşıma Yönu

3 YA:Yukarıd..

Arazi Engeli Diri Örtü

Var Yok

Zemin Durumu Çıkarılacak Ürün Miktarı

K: Kuru 758

Hesapla Dolar Kuru \$/TL

Yöntem :OMH (Orta Mesafeli Hava Hattı)

Tahmini Maliyet 6318,78 \$ (0,00 TL)

Tahmini iş günü: 18

(a)

15:05

Eğimi Giriniz Sürütme Mesafesi

5: %50 ve.. 285

Ağaç Seçiniz Çağ Seçiniz

I: İbrelİ d

Kapalılık Taşıma Yönu

3 AY:Aşağıd..

Arazi Engeli Diri Örtü

Var Yok

Zemin Durumu Çıkarılacak Ürün Miktarı

K: Kuru 680

Hesapla 29.20 \$/TL

Yöntem :KMH (Kısa Mesafeli Hava Hattı)

Tahmini Maliyet 5698,11 \$ (166384,74 TL)

Tahmini iş günü: 18

(b)

Şekil 43. Mobil Uygulamanın Arayüzü (a. Sadece \$, b. \$ ve ₺)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ormancılık üretim çalışmaları değişken arazi koşulları ve iş gücü altında gerçekleşen zor ve tehlikeli işlerdir. Üretim çalışmalarının en zor, maliyetli ve iyi planlanması gereken aşaması BÇ aşamasıdır. Bu sebeple BÇ çalışmalarının gerek maliyet gerek zaman ve gerekse çevre zararı dikkate alınarak planlanması gerekir. Ormancılık üretim çalışmalarında planlama aşaması çok önem arz etmektedir. Uzman görüşlerden ve arazi çalışmalarından faydalanılarak oluşturulan yapay zekâ teknikleri sayesinde değişken arazi koşulları bilgisayar ortamında simüle edilerek kararlar oluşturulmuş ve yüksek tahmin başarısı elde edilmiştir. Karar ağacı kullanılarak oluşturulan model %94,60 oranında tahmin başarısına ulaşmıştır. Ayrıca performans ölçütleri hesaplandığında da %94-99 (F1-Skor ve Duyarlılık: %94, Kesinlik: %95 ve Doğruluk: %99) arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Ülkemizde ve dünyada yapay zekâ konusunda çok farklı alanlarda ve yöntemlerde çalışmalar bulunmaktadır. Ancak ülkemizde ormancılıkta üretim çalışmaları hakkında BÇ yöntemine karar verme konusunda çalışma bulunmamaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi amacı ile bu çalışma yapılmıştır. İsviçre’de yapılan bir çalışmada nakliye güzergahı sınırlamaları, BÇ güzergahı özellikleri ve meşcere özelliklerini de göz önünde bulunduran mekânsal bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Verimlilik modelleri ve uzman yaklaşımlı Karar ağaçları kullanılarak oluşturulan bu sistem ile en uygun hasat yöntemlerinin tahmin edilmesi çalışmalarında ekonomik olarak %12 daha fazla orman alanında hasat yapılabileceği bulunmuştur (Bolt vd., 2022).

Çalışmada maliyet analizleri yapılan İG (İnsan Gücü ile BÇ), OTC (Traktörle Kablo Çekimi ile BÇ) ve OTS (Traktörle Zemin Üzerinde Sürütme ile BÇ) 310 Sayılı “Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ”de yer alan İÇZ, İBM, MÇZ ve MBM hesaplamaları kullanılarak yapılmıştır. OGM tarafından 27.12.2019 tarihinde yayınlanan Tebliğ’e göre Sürütme Birim Fiyat değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamada kullanılan İBM ve MBM değerleri OGM tarafından 22.06.2023 tarihinden yayımlanan Üretim Birim Maliyetleri cetvelinden elde edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan dolar kuru, cetvelin yayımlanma tarihi olan Haziran 2023’e göre 23,50 TL olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışma ile ülkemiz dağlık alanlarında bulunan orman alanlarının işletmeye açılmasında yani BÇ’nin istenilen seviyede yapılmasında kullanılmak üzere bir Karar Ağacı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model sayesinde değişken arazi koşullarında ve iş

gücündeki alanlarda en uygun BÇ yönteminin seçilmesi, üretimin süresi ve yaklaşık üretim maliyetleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda oldukça yüksek bir yüzde ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Oluşturulan çok kriterli karar mekanizması eğim, maksimum sürütme mesafesi, BÇ yönü, ağaç türü, çağ, kapalılık, arazi engeli, diri örtü, zemin durumu, BÇ yapılacak ürün miktarı verilerine göre eğitilmiş ve kriterlerin bir ya da daha fazlasında oluşan değişime göre karar oluşturabilme kabiliyetine ulaşmıştır.

Çok kriterli karar verme kabiliyetine sahip modelin sınıf ağırlıkları bakımından en önemli kriterin sürütme mesafesi olduğu, sonrasında BÇ yönü ve sürütme engelinin ağacın oluşturulmasında kullanıldığı görülmüştür. Her ne kadar eğim belirleyici unsurların başında gelse de (Bayoğlu, 1996; Acar, 2004) bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre eğim yöneme karar vermede 10 kriter içinde 7. önemli kriter olarak bulunmuştur. BÇ yönteminin belirlenmesinde modele göre en önemli kriter sürütme mesafesi olsa da belirli bir yöntem içerisinde kriterler farklılık gösterebilmektedir. Ünver-Okan (2020) tamburlu traktörlerin kullanıldığı bir çalışmada eğim ve ürün hacminin verimlilik açısından önemli olduğu, sürütme mesafesi etkisinin önemsiz olduğunu belirlemiştir. KA modeli oluşturulan bu çalışmada ağırlık bakımından BÇ yöntemine karar vermede ilk farkındalık kriterinin sürütme mesafesi olduğu belirlenmiştir. Yöntemin belirlenmesinde ilk belirleyicin kriter sürütme mesafesi olduğu bu çalışmada ekonomik ve zamansal bakımından planlama yapılmıştır.

Sürütme mesafesinin yanı sıra BÇ yönü de en belirleyici unsurlardan biri olarak belirlenen bu çalışmada kullanılan 500 adet veri üzerinde sınıf ağırlığı bakımından ikinci sırada öneme sahip aşama BÇ yönü olmuştur. Kullanılacak makine standartlarının BÇ yönüne göre değiştiği düşünüldüğünde BÇ yönü önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma alanları olan Artvin OİM sınırları içerisinde bulunan 9 adet işletme şefliğinde bulunan verimli orman alanlarının IUFRO eğim gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında toplam 21570,60 ha verimli orman alanının 14389,0 ha'sının (%66,71) V. eğim grubunda olduğu belirlenmiştir. Eğimin %50'nin üzerinde olduğu alanlarda AY yönde yapılan BÇ çalışmalarında 120 m'den uzun mesafelerde traktörle kablo çekimi yapılması için gereken sürütme yolları planlanamamaktadır. Bu sebeple bu alanlarda hava hatlarının kullanımı gerekmektedir. Genel verimli orman alanlarının yarısından çoğunun çok yüksek eğimli arazilerde kaldığı bölgede mekanizasyon ihtiyacının yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Verimli orman alanlarındaki orman yollarının IUFRO eğim sınıflarına dağılımlarına bakıldığında müdürlük sınırları içerisinde bulunan 9 adet işletme şefliğindeki verimli orman alanlarında bulunan toplam 717,43 km uzunluğundaki orman yolunun 396,61 km'lik kısmı (%55,28) V. eğim grubunda bulunan arazilerde kaldığı belirlenmiştir. Orman yollarının büyük kısmının yüksek arazi eğimine sahip alanlarda olması çok alternatifli mekanizasyon kullanılabileceğini göstermektedir. Buna ek olarak kontrol arazilerinin belirlenmesinde kullanılan 83 adet üretim sahası incelendiğinde BÇ yöntemine karar vermede bölme bazında değerlendirme yapılmıştır. Meşcere değerlendirmesi ile aynı bölmede farklı üretim araçları gerekebilmektedir. Teknik standartları dikkate alındığında örneğin 71 m³ damgalanan ürün bulunan Çoruh OİŞ 21 nolu bölmede 432 m taşıma/sürütme mesafesindeki ürünler için model tarafından verilen karar OMH ile BÇ'dır dahası aynı bölme içerisinde birden fazla mekanizasyon önerisi bulunmaktadır ki bu da mümkün olan bir durum değildir (Ek Tablo 6). Artvin OİM üretim alanı yol yoğunluğu değerlerinin 27,17 m/ha ile 43,71 m/ha arasında değiştiği ve bu değerlerin yüksek olduğu belirlenmiştir. Yol yoğunluğu değeri her ne kadar yüksek olsa da üretime konu sahalardaki taşıma/sürütme mesafesine çok etki etmediği görülmüştür. Alan içerisindeki yol yoğunluğu değerleri yüksek olsa da taşıma/sürütme mesafelerine bakıldığında üretim yapılacak kontrol arazileri için 267-645 m arasında değişmektedir. Eğitim ve test verisi olarak kullanılan 500 örnek arazi verisi ile oluşturulan karar ağacı modeli en uygun yöntemi belirlerken çıkarılacak ürün miktarı, BÇ yönü, sürütme engeli ve eğim gibi parametreleri de değerlendirdiğinden yöntemle karar vermede daha başarılı olmuştur.

Diri örtü ve/veya gençliğin sürütme engeli olarak planlamaya dâhil edildiği durumlarda kalan meşcere zararı en aza indirgenmiş olmaktadır. Kontrol arazilerinde traktörle BÇ yapılmadığından sürütücüler veya ağır araçların orman içerisine girmediği, İG ile BÇ yapılan alanlarda dağınık güzergâhlarda yöresel adı ile dökme denilen kontrolsüz kaydırma işlemi yapıldığı için orman alanına verilebilecek zararların önüne geçilmiştir. Sürütücüler ve taşıyıcıların orman içerisinde olmaması sebebi ile sürütme yollarında neden olduğu sıkışma (Cambi vd., 2015, Picchio vd., 2020) olasılığı da ortadan kalkmıştır.

Veri setinde kullanılan 500 örnek alandan 296 tanesinde (%59,2) BÇ yönünün AY olduğu, 329 tanesinde (%65,8) arazi engeli olmadığı, 341 tanesinde (%68,2) diri örtü bulunmadığı ve 301 tanesinde (%60,2) üretim mevsimine de bağlı olarak zeminin kuru olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma alanları olarak kullanılan veri setinde hem AY hem de YA yönde etkin kullanılabilen OMH'nın tüm yöntemlerin %17'sine sahip olduğu

belirlenmiştir. Tüm BÇ yöntemlerine göre mekanizasyon kullanılan yöntemler %71,6'lık bir paya sahiptir.

Model tarafından belirlenen yöntemler ile arazide sadece izlenerek veri toplanan BÇ çalışmalarına ait yöntemler aynı çıkmıştır. Kısaca yapay zekâ yöntemlerinden biri olan model veri setinde bulunan arazi verilerini ve uzman görüşlerini simüle ederek değişken yapılarla sahip arazilere uygulamıştır. Mevcut orman yollarına göre yapılan planlamalar ile 2023 yılı için üretimi planlanan alanlarda BÇ yöntemi belirlenmiş ve sonuçları söz konusu araziler için en uygun yöntem olduğu belirlenmiştir. Ormancılık üretim işleri zor, zahmetli ve masraflı işlerdir. Değişken arazi koşullarında en uygun yöntemin belirlenebilmesi de iş tecrübesi olan ve araziye bilen kişilerce yapıldığında mümkündür. KA metodu kullanılarak oluşturulmuş model ile bu işlemler daha pratik ve kolay hale gelmektedir. Kısaca modelin kullanımı ile tecrübe gerektiren odun hammaddesi üretiminde BÇ yöntemine karar verme işi herkes tarafından yapılabilecektir. Modelin çıktısı olarak kullanılabilir haldeki Android tabanlı mobil uygulama ile kullanım kolaylığı getirilmiştir. Uygulama aynı zamanda modelde kullanılan veri tabanına ait üretim verilerini, maliyetleri ve işin yaklaşık süresini de vermektedir. Bu da çalışma öncesi planlama aşamasında yaklaşık maliyet ve iş süresini bilmek açısından önem arz etmektedir.

Çalışmada kullanılan karar ağaçları metoduna ait sonuçların başarı yüzdesinin %94,60 seviyelerinde olması modelin kullanımının ormancılık sektöründe bir karar destek mekanizması olarak nitelendirilebileceği sonucunu göstermektedir. Nitekim ormancılıkta KA algoritmalarından C4.5 sistemi ile sınıflandırma çalışması yapılan bir araştırmada %88-97 arasında başarı elde edilmiştir (Minowa, 2005). Ormancılıkta BÇ yöntemine karar verilmesi aşamasında kullanılmamış olan KA yönteminin çok kriterli ve hızlı karar vermede yardımcı bir sistem olduğu görülmüştür.

BÇ yönteminin 500 adet örnek içeren veri seti ile eğitildiği Yapay Zekâ tekniği olan Karar Ağaçları Metodunda information gain kriterine göre elde edilen yüksek tahmin başarısı ile kontrol arazilerinde BÇ yöntemleri belirlenmiştir. Buna göre plan yapılan 6 çalışma alan ile plan yapılmadan sadece izlenen 6 çalışma alanı karşılaştırılmış BÇ yöntemleri birbirlerinin benzeri olarak çıkmıştır. Verilerdeki değişimlerin (maliyet, işin süresi vb.) sürütme mesafesi ve ürün miktarları ile ilgili olduğu görülmüştür. Verimlilik açısından değerlendirildiğinde birim mesafe bakımından arazi çiftleri içerisinde birbirleri ile aynı sonuçlar elde edilmiştir. Model tarafından üretilen kararlar ile izlenen arazilerdeki BÇ yöntemler benzer çıkmıştır. Çalışılan alanlarda tecrübeli işçilerden ve operatörlerden oluşan

bir ekip bulunmaktadır. Modelin geliştirdiği karar uzman kişilerin uyguladıkları ile benzerdir. Karar Ağacı modeli yüksek başarı oranına sahip tahminleri ile tecrübeli işçiler gibi karar oluşturma yeteneğine sahip olduğu görülmüştür.

Elde edilen modelde sürütme mesafesi, ağaç türü, ağ, eğim, kapalılık, B yönü, arazi engeli, diri örtü, zemin durumu ve B yapılacak ürün miktarı değişkenlerine göre elde edilen ağaç yapısında eğitim ve test verilerine göre karar oluşturulmuş ve bazı arazilerde alternatif yöntemler önerilmiştir. Örneğin şekil 29’da ağacın liste görünümünde karar yöntem yeşil renkli, alternatif yöntemler de kırmızı renkli olarak gösterilmiştir. Sürütme mesafesinin 290 m ile 802,50 m arasında olduğu, B yönünün AY olduğu IUFRO eğim değerinin 2.50’den büyük olduğu arazilerde 51 adet veriden 50 tanesi OMH 1 tanesi ise KMH olduğu sonucu elde edilmiştir. Karar B yöntemi 50/51 oranında OMH’dır. Diğer bir olarak şekil 31’de sürütme mesafesi 122,50 m’den az olan d çağında meşcere bulunan, B yönünün AY, arazi engelinin olmadığı alanlarda 21 adet veriden tamamının OTC olduğu ve karar yöntemin OTC olduğu sonucu elde edilmiştir.

5. ÖNERİLER

Gelişen bilgisayar teknolojilerinden olan yapay zekâ ile insan gibi düşünmek mümkün hale gelmiştir. Ormancılık çalışmalarında farklı konularda kullanılmış olan yapay zekâ teknikleri ile karmaşık bir problem olan BÇ tekniklerine karar verme işi mümkün hale gelmiştir. BÇ yönteminin seçiminde bu kadar kapsamlı bir çalışma ilk defa yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen karar ağacı ile doğal bir ekosistem olan ve çok değişken parametrelere sahip orman alanlarında üretimin planlanabilmesi sağlanabilmektedir. Çalışma yapılan sonuçları denenen kontrol arazilerinde %100 tahmin başarısı elde edilmiş ise de genel itibari ile oluşturulan ağacın bazı önerilerle daha çok alanda kullanılabileceği düşünülmektedir. Ormanlardan elde edilen ürünler kadar kalan orman alanlarının da dikkate alınması prensibine göre oluşturulmuş bu ağaç uzun vadeli kayıpların da önüne geçebilecektir.

Eğitim ve test verisi olarak kullanılan 500 adet çalışmaya göre elde edilen ağaç yapısı mobil bir uygulama haline getirilmiştir. Bu sayede taşınabilir birçok kriterli karar verme yardımcısı elde edilmiştir. Veri girişleri sonucu kendini sürekli güncelleyebilecek bir uygulama haline gelmesi ile sonuçlarının ülkemiz ormancılığına fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Ağacın genel orman alanlarına uygulanabilirliği dikkate alındığında aşağıdaki öneriler ortaya çıkmaktadır:

- Mevcut veri sayısı arttırılarak bazı arazilerdeki eksiklikler giderilebilir. Örneğin 122.50 m'den kısa sürütme mesafesine sahip alanlarda BÇ yönü sadece d çağındaki meşcerelerde dikkate alınmıştır. O kısımda da YA olan BÇ çalışmalarında sadece OTS önerisi verilmiştir. 6 adet verinin tamamı OTS olduğu için sadece bu sonuç çıkmıştır. Bu şekildeki arazilere ait veri sayısı arttırılarak bu eksiklikler giderilebilecektir.
- OGM üretim alanlarında özellikle dikili satış usulü olan üretim alanlarında hem ürün hem de kalan meşcere bakımından sorunlar yaşamaktadır. Geliştirilmiş bu model sayesinde arazilerin özelliklerine göre BÇ yöntemi belirlenerek çalışma yapacak kişilerce uygulanması sağlanabilir. Böylelikle çok kriterli karar destek sistemi ülkemiz ormancılık çalışmalarında yaygın hale gelebilecektir.

- Dere geçişleri, ters eğimli alanlar da ayrıca değeriendirilerek planlamada karar aşamasında arazi çeşitliliğı sağlanabilir.
- İnsan gücü kullanılarak yapılan BÇ çalışmalarında ürünlerin taşınarak çıkarılması üzerinde çalışmalar yapılarak model geliştirilebilir.
- Düz ve düze yakın arazilerde hava hatları ve plastik oluk ile BÇ çalışmalarında hava hatları yerine tomruk çekme vinçleri, plastik olukların kullanımında ise tomruk çekme başlığı takılarak oluk içerisinde sürütme yapılabilir.
- %50'nin altında eğime sahip alanlarda AY yapılan BÇ çalışmalarında sürütme yolları modele dahil edilerek traktörlerin modelde etkin kullanımları sağlanabilir.
- Yeni göreve başlamış tecrübesiz işletme şefleri için de karar vermede yardımcı olacak olan model sayesinde iş kolaylığı ve kontrolü sağlanabilecektir.
- Modelde ayrıca kullanılan diğer hesaplamalar (üretim maliyeti, ortalama verimlilik ve işin yaklaşık tamamlanma süresi) sayesinde öngörülebilir üretim planlaması yapılabilir.
- Hassas ormancılık üretim çalışmaları açısından ekolojik verilerin ayrıca detaylı çalışılması ve modele entegrasyonu ile çevresel açıdan daha etkin bir BÇ karar destek modeli elde edilmiş olacaktır.
- Veri sayısının, üretim alanında uzman kişilerce artırılması sayesinde daha hassas sonuç verebilecek olan karar ağacı modeli ile ülke ormancılığına yeni bir soluk getirilebilecektir.
- Çalışmada RapidMiner paket programı kullanılmıştır. Ancak KNIME (Konstanz Information Miner) gibi kullanıcılara kendi modüllerini yazma imkanı veren uygulama ya da görselleştirme bakımından zayıf olan ve sadece metin dosyalarından veri alabilen ORANGE uygulaması da alternatif olarak tercih edilebilir.
- Geliştirilen mobil uygulama uzman görüşü bildiren KA modelinin pratik kullanımını sağladığı için gerek çalışma öncesi planlama, maliyet ve süre tahmini için gerekse iş tecrübesi fazla olmayan karar vericiler için yardımcı araç olarak kullanılabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, H. H. (1995). Artvin Yöresinde Mb Trac 900 Özel Orman Traktörü ile Orman Ürünlerinin Bölmeden Çıkarılması Üzerine İncelemeler. TÜBİTAK Doğa Dergisi, 19: 45-50.
- Acar, H. H. (1998). Dağlık Arazide Kamyonla Nakliyatın Teknik Açısından İncelenmesi. Tr. Journal of Agriculture and Forestry, No:22, Ankara, 499-506.
- Acar, H. H., & Gümüş, S. (2000). Dağlık Arazide Gantner ve Koller K 300 Uzun ve Kısa Mesafeli Orman Hava Hatları Kombinasyonu ile Transport Çalışmasının Analizi. TARP 2193 Nolu TÜBİTAK projesi, 41s., Ankara.
- Acar, H. H. (2004). *Ormancılıkta Transport*. Trabzon: KTÜ Yayınevi.
- Acar, H. H., Ünver Okan, S., & Özkaya, M. S. (2010). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Odun Hammaddesi Üretim Araçlarının Verim Açısından İncelenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, cilt.11, ss.13-20.
- Acar, H. H. (2013a). İnsan Gücü ile Zeminde Sürütülerek Orman Yoluna Taşınan Tomrukların Baş Kısımlarında Oluşan Zararların Önlenmesi İçin Fiberglas Malzemeden Tomruk Başlıkları (Kapakları) Üretimi ve Sonuçları. KTÜ BAP Hızlı Destek Projesi No:9061, Trabzon, 36 s.
- Acar, H. H. (2013b). Eğimli Arazide Tomrukların Traktörle Kablo Çekimlerinde Tomruk Çekme Kaydırma Başlığı (TÇKB) Kullanımı. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13(1): 144-152.
- Acar, H. H. (2016). Environmental Sensitive Road Planning and Transportation Techniques in Forest Engineering. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 66(2): 710-726. DOI: 10.17099/jffiu.79204.
- Acar, M. (2017). Uygulanabilir Bölmeden Çıkarma Tekniklerine Göre Orman Yol Ağının Düzenlenmesi (Artvin Tütüncüler Orman İşletme Şefliği Örneği). Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Acar, M., & Gümüş, S. (2018). Orman Yolu Kenarında Bulunan Kazı ve Dolduru Şevlerinin Bitkilenme Açısından Değerlendirilmesi. Iğdır International Conference On Multidisciplinary Studies, s.1253-1259.
- Acar, M., Gümüş S., Ünver-Okan, S., & Hatay, T. Y. (2018). Bölmeden Çıkarma Maliyetlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Belirlenmesi (Artvin Tütüncüler Orman İşletme Şefliği Örneği). International Artvin Symposium, s. 1393-1402.
- Ahmed, S. S., Cool, J., & Karim, M. E. (2020). Application of Decision Tree-Based Techniques to Veneer Processing. J Wood Sci 66, 54. Doi: 10.1186/s10086-020-01904-0

- Akay, A. E., Sert, M., & Gülci, N. (2014). Hafif Eğimli Arazilerde Benzinli El Vinci ile Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Verim Açısından Değerlendirilmesi. II. Ulusal Orman ve Çevre Sempozyumu (22-24 Ekim 2014), Isparta.
- Akay, A. E. (2021). Determination of the Safest Route for Logging Trucks Based on Road Types and Conditions. *Environ. Sci. Proc.* 3, 5.
- Akay, A. E., Gümüş, S., & Başaran, A. (2023). Evaluating Productivity of Small-Scale Cable Yarding System Integrated with a Portable Winch. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 44(2), 259-274.
- Almeida, R. O., Munis, R. A., Camargo, D. A., da Silva, T., Sasso, V. A. Jr., & Simões, D. (2022). Prediction of Road Transport of Wood in Uruguay: Approach with Machine Learning. *Forests*, 13, 1737. Doi: 10.3390/f13101737
- Anonim (2021). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021a). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Çoruh Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021b). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Deriner Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021c). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Madenler Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021d). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Ortaköy Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021e). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Saçinka Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021f). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlıca Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021g). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Tütüncüler Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Anonim (2021h). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Zeytinlik Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Aykut, T., Acar, H. H., & Şentürk, N. (1997). Artvin Yöresinde Bölmeden Çıkarmada Kullanılan Koller K300, Urus MIII ve Gantner Tipi Hava Hatlarının Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, A 47 (2): 29-54.
- Bayoğlu, S., 1996. Orman Nakliyatının Planlanması, İ.Ü. Yayın No:3941, İ.Ü. FenBilimleri Enstitüsü Yayın No: 8, ISBN 975-404-438-4, İstanbul, 169 s.

- Bilici, E., Andiç, G. V., Akay, A. E., & Sessions, J. (2019). Productivity of a Portable Winch System Used in Salvage Logging of Storm-Damaged Timber. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40: 311–318.
- Bont, L. G., Fraefel, M., Frutig, F., Holm, S., Ginzler, C., & Fischer, C. (2022). Improving Forest Management by Implementing Best Suitable Timber Harvesting Methods. *Journal of Environmental Management*, Volume 302, Part B, 114099, ISSN 0301-4797.
- Brännström, M., & Westin, J. (2009). Classification of Structural Timber by Decision Trees - A Comparison to the Certified Method. *Forest Products Journal*, 59(3):53–61.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Mach Learn.* 45(1):5–32. Doi: 10.14923/transinfj.2015IUP0008
- Buğday, E. & Menemencioğlu, K. (2013). Forest Harvesting Damages to Residual Trees and Saplings in Mixed Forests (A Case Study: Ilgaz Forests, Turkey). *International Caucasian Forestry Symposium, Artvin, Turkey*. pp. 265-270.
- Buğday, E. (2018). Application of Artificial Neural Network System Based on Anfis Using GIS for Predicting Forest Road Network Suitability Mapping. *Fresen Environ Bull.* 27(3):1656–1668.
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., & Marchi, E. (2015). The Impact of Heavy Traffic on Forest Soils: A Review. *For. Ecol. Manag.* 338, 124–138.
- Coşkun, E., Gündoğan, E., Kaya, M., & Alhajj, R. (2021). Veri Madenciliği Yöntemleri Kullanarak Yoğun Bakım Ünitesindeki Hastaların Sınıflandırılması. *Journal of Computer Science, IDAP-2021 : 5th International Artificial Intelligence and Data Processing symposium(Special)*, 319-328.
- Çağlar, S. (2002). Artvin Yöresi Ormanlarında Vinçli Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarmanın Çalışma Verimi Açısından İncelenmesi. *Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 136 s. Artvin.
- Çağlar, S., & Acar, H. H. (2004). The Productivity of Koller K300 Yarder in Turkish Forestry, *Forest Engineering. International Scientific Conference on New Techniques, Technologies and The Environment*, October 5-10 2004, Proceedings 50-57p., Lviv, Ukraine.
- Çalışkan, E. (2019). Application of Artificial Neural Networks and Particle Swarm Optimization for Timber Extraction with Cable Crane. *Applied Ecology And Environmental Research* , vol.17, no.2, 2339-2355.
- Çalışkan, E., & Sevim, Y. (2019). A Comparative Study of Artificial Neural Networks and Multiple Regression Analysis for Modeling Skidding Time. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(2):1741-1756.
- Daniya, T., Geetha, M., & Kumar, K. S. (2020). Classification and Regression Trees with Gini Index. In *Advances in Mathematics: Scientific Journal*, 9 (10), pp. 8237 – 8247.

- Danwa, S., Ning, H., & Dandan, L. (2009). Construction of Forestry Resource Classification Rule Decision Tree Based on ID3 Algorithm. in Proc. of 2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science, Wuhan, Hubei, China, pp. 867–870. Doi: 10.1109/ETCS.2009.730
- Değermenci, K. V. (2007). Artvin Atila Yöresi Ormanlarında Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının İncelenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93 s. Artvin.
- Dimou, V., Demertzis, K., & Kantartzis, A. (2023). Harvesting Wind Damaged Trees: A Study of Prediction of Windthrow Damage in Mixed-Broadleaf Stands Via A Machine Learning Model. International Journal of Forest Engineering, Doi: 10.1080/14942119.2023.2171599
- D.P.T. (2007). Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı. Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 10 s.
- Eker, M. (2004). Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erdaş, O., & Acar, H. H. (1995). Doğu Karadeniz Bölgesinde Bölmeden Çıkarma Sırasında Koller K300 Kısa Mesafeli Vinçli Hava Hatlarının Kullanımı. 1. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Trabzon 230-238s.
- Erdaş, O., 2008. Transport Tekniği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü, Kahramanmaraş, Yayın No: 130/20 554s.
- Ghorbanzadeh, O., Valizadeh Kamran, K., Blaschke, T., Aryal, J., Naboureh, A., Einali, J., & Bian, J. (2019). Spatial Prediction of Wildfire Susceptibility Using Field Survey GPS Data and Machine Learning Approaches. Fire, 2, 43. Doi: 10.3390/fire2030043
- Gonçalves, S. B., Fiedler, N. C., Silva, J. P. M., da Silva, G. F., da Silva, M. L. M., Minette, L. J., Pereira, D. P., Lopes, D. M. M., da Silva, E. F., Ramalho, A. H. C., Santos, J. S., Aguiar, M. O., Neto, J. O. M., & Filho, R. N. A. (2021). Machine Learning Techniques to Estimate Mechanised Forest Cutting Productivity. South. For. A J. For. Sci. 2021, 83, 276–283. Doi: 10.2989/20702620.2021.1994342
- Gülci, N., Yüksel, K., & Akay, A. E. (2017). Kar Üzerinde Odun Hammaddesinin Taşınabilir El Vinci ile Sürütülmesinin Verim Açısından Değerlendirilmesi. Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi. 17(1), 124-131.
- Gülcü, S., Çelik, S., & Serin, N. (2009). Su Kaynakları Çevresinde Uygulanan Ormancılık Faaliyetlerinin Su Üretimi ve Kalitesine Etkileri. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, (s. 61-68). Ankara.
- Güldal, H. (2018). Karar Ağacı Algoritmalarının Eğitsel Veriler Üzerindeki Performanslarının İncelenmesi. In: 13th International Balkan Education and Science Congress. p. 6-10.

- Gümüş, S., Acar, H. H., & Toksoy, D. (2008). Functional Forest Road Network Planning by Consideration of Environmental Impact Assessment for Wood Harvesting. *Environ Monit Assess.* 142(1–3):109–116.
- Gümüş, S., Arıçak, B., Enez, K., & Acar, H. H. (2009). Analysis of Tree Damage Caused by Rockfall at Forest Road Construction Works. *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 30, no. 2, pp. 151–158.
- Gümüş, S., & Acar, H. (2010). Evaluation of Consecutive Skylines Yarding and Gravity Skidding Systems in Primary Forest Transportation on Steep Terrain. *Journal of Environmental Biology*, cilt.31, ss.213-218.
- Gümüş, S., & Türk, Y. (2012). Odun Hammaddesi Üretim İşçilerinde Bazı Sağlık ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Bir Araştırma. *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 12(1): 20-27.
- Gümüş, S. (2014). *Ormancılık Uygulamaları-I. Trabzon.*
- Gümüş, S., & Türk, Y. (2016). A New Skid Trail Pattern Design for Farm Tractors Using Linear Programing and Geographical Information Systems. *Forests.* 7:306.
- Gümüş, S., & Hatay, T. Y. (2017). A Cost Effectiveness Approach for Configuration of Feasible Skyline Yarder for Specific Forest Regions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(7), 4656-4662.
- Gümüş, S. (2018). *Ormancılık Uygulamaları-I. Ders Notları, Trabzon.*
- Gümüş, S., & Acar, M. (2018). Arazi Eğim Sınıflarına ve Bakı Analizine Göre Orman Yollarının İncelenmesi (Artvin Tütüncüler Orman İşletme Şefliği Örneği). *Iğdır International Conference On Multidisciplinary Studies*, s.1260-1265.
- Hejazian, M., Lotfalian, M., Lindroos, O., & Mohammadi Limaiei, S. (2019). Wood Transportation Machine Replacement Using Goal Pro-Gramming. *Scand. J. For. Res.* 34, 635–642, doi:10.1080/02827581.2019.1611916.
- İlkuçar, M., Kaya, A., & Çifci, A. (2018). Mekanik Özelliklere Göre Ağaç Türlerinin Yapay Sınır Ağları ile Tahmini. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (1), 75-83. DOI: 10.17714/gumusfenbil.310585.
- Jaafari, A., Pazhouhan, I., & Bettinger, P. (2021). Machine Learning Modeling of Forest Road Construction Costs. *Forests*, 12, 1169. Doi:10.3390/f12091169
- Karaman, A. (2001). *Odun Hammaddesinin Kesim ve Nakliyatı*. Artvin: Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını.
- Kumar, V. & Minz, S. (2015). Multi-view Ensemble Learning Using Optimal Feature Set Partitioning: An Extended Experiments Andanalysis in Low Dimensional Scenario. *Procedia ComputerScience*, vol. 58, pp. 499–506.
- Küçük, Ö., & Sevinç, V. (2023). Fire Behavior Prediction with Artificial Intelligence in Thinned Black Pine (*Pinus Nigra* Arnold) Stand. *Elsevier BV*, 529, 0–0.

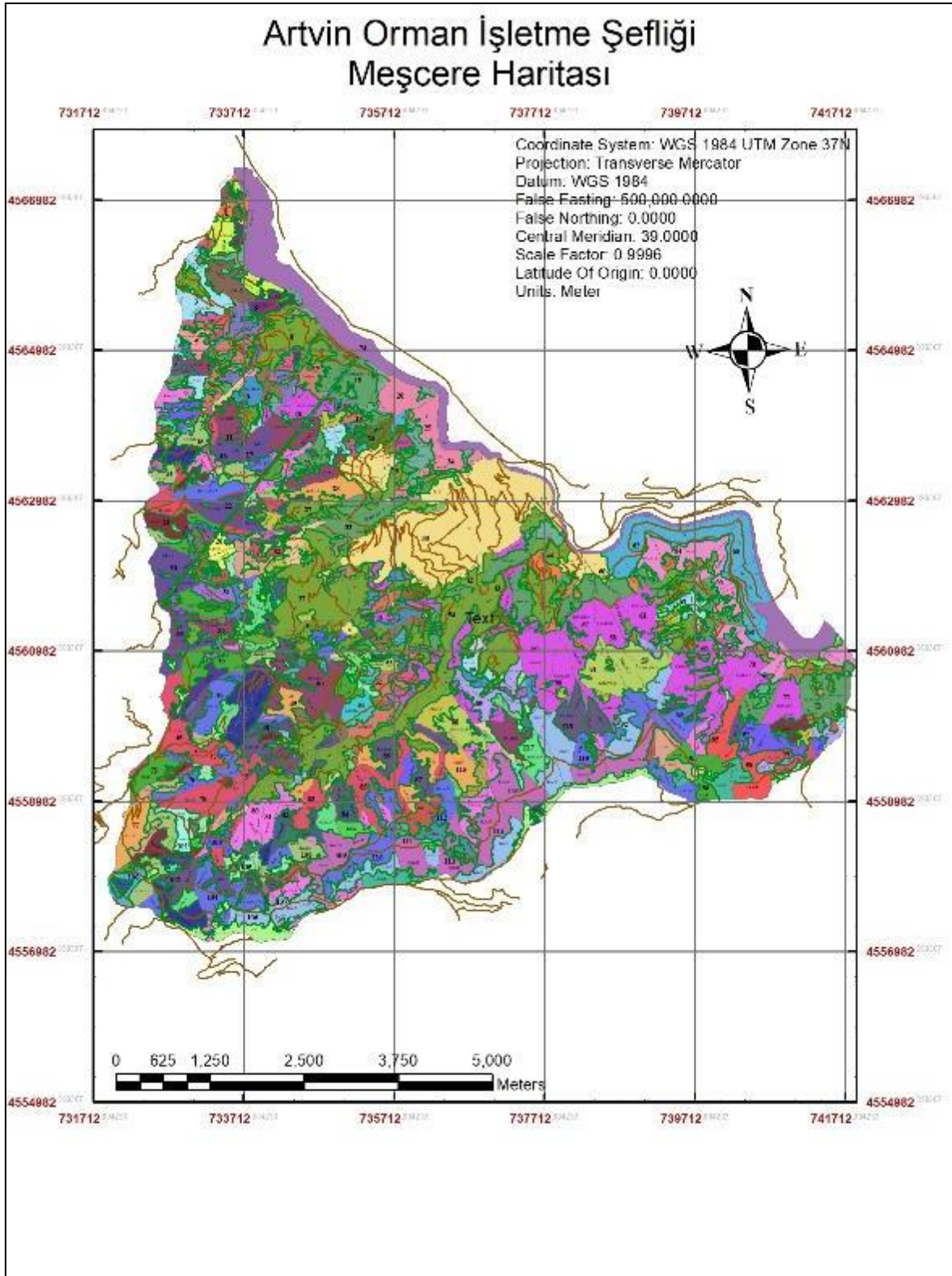
- Laffan, M., Jordan, G., & Duhig, N. (2001). Impacts on Soils from Cable-Logging Steep Slopes in Northeastern Tasmania, Australia. *Forest Ecology and Management*, 144, 91-99.
- Liski, E., Jounela, P., Korpunen, H., Sosa, A., Lindroos, O., & Jylhä, P. (2020). Modeling the Productivity of Mechanized CTL Harvesting with Statistical Machine Learning Methods. *International Journal of Forest Engineering*, Doi: 10.1080/14942119.2020.1820750
- Lopes, I. L., Araújo, L. A., Miranda, E. N., Bastos, T.A., Gomide, L. R., & Castro, G. P. (2021). A Comparative Approach of Methods to Estimate Machine Productivity in Wood Cutting. *Inter J Forest Eng.* 33(1):43–55. Doi:10.1080/14942119.2021.1952520
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Relationships Between Forest Standparameters and Landsat TM Spectral Responses in the Brazilian Amazon Basin. *Forest Ecology and Management*, 198(1-3), 149-167
- Luce C., Black T., A., 1999. Sediment Production From Forest Roads in western Oregon. *Water Resources Research*. 35(8): 2561-2570.
- Marčeta, D., Petkovic, V., Ljubojevic, D., & Potočnik, I. (2020). Harvesting System Suitability as Decision Support in Selection Cutting Forestmanagement in Northwest Bosnia and Herzegovina. *Croat. J. For. Eng.* 41, 251–265.
- Minowa, Y. (2005). Classification Rules Discovery From Selected Trees for Thinning with the C4.5 Machine Learning System. *J For Res* 10, 221–231. Doi: 10.1007/s10310-004-0134-7
- Monedero, I., Biscarri, F., León, C., I. Guerrero, J., Biscarri, J., & Millán, R. (2012). Detection of Frauds and Other Non-Technical Losses in a Power Utility Using Pearson Coefficient, Bayesian Networks and Decision Trees. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 34(1), s. 90-98.
- Murphy, G., & Twaddle, A. A. (1985). Techniques for The Assessment and Control of Log Value Recovery in The New Zealand Forest Harvesting Industry. In: *Proceedings of the 9th Annual Meeting of Council on Forest Engineering*. September 29 October 2 Mobile. Al.
- OGM (2019). Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ. OGM, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, 27.12.2019.
- OGM (2023). Üretim Birim Maliyetleri. OGM, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, OGM, 22.06.2023.
- Öztürk, T. (1996). Artvin Bölgesinde Vinçli Hava Hatlarından Yararlanma İmkanları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 87s.
- Öztürk, T. (2004). Bölmeden Çıkarma Maliyetlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir İnceleme. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, vol.34, 212-219.

- Öztürk, T. (2004). Bölmeden Çıkarma Maliyetlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir İnceleme. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, vol.34, 212-219.
- Öztürk, T., & Demir, M. (2005). Work Performance of MB Trac 900 Tractor on Mountains Terrain in Turkey. *American Journal of Applied Sciences* 2, s:363-366.
- Öztürk, T., & Demir, M. (2007). Transporting of Oriental Spruce Timbers By Urus M III Cablesystem from Selective Forests of Artvin Region, *Building Environment* 42, 1278-1282.
- Öztürk, T. (2009). Productivity of Timber Extraction by Urus MIII Cable Crane from Selective Spruce Forests. *African Journal of Agricultural Research*, vol.4, 852-858.
- Öztürk, T., & Şentürk, N. (2010). Productivity and Time Studies of Mb Trac 900 Tractor at Beech Stands on Mountainous Areas in Turkey. *Baltic Forestry*, 16(1), 132-138.
- Öztürk, T. (2014). Productivity and Cost of Rubber - Tired Tractor in Northern Pine Plantation Forest of Turkey. *Baltic Forestry*, vol.39, no.2, 272-276.
- Öztürk, T., & Şentürk, N. (2016). Productivity and Cost of Extraction by Urus MIII Skyline Yarder from Spruce Forests Of Artvin Region, Turkey. *SUMARSKI LIST*, vol.140, 561-566.
- Öztürk, T., & Şentürk, N. (2021). Sahilçamı (*Pinus pinaster Ait*) Plantasyon Alanlarında El Vincinin Odun Üretim Çalışmalarında Kullanımı. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1): 1-8.
- Picchio, R., Latterini, F., Mederski, P., Venanzi, R., Karaszewski, Z., Bembenek, M., & Croce, M. (2019). Comparing Accuracy of Three Methods Based on the GIS Environment for Determining Winching Areas. *Electronics*, 8(1), 53.
- Picchio, R., Mederski, P. S., & Tavankar, F. (2020). How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands. *Curr. For. Rep.* 6, 115–128.
- Polowy, K. & Molińska-Glura, M. (2023). Data Mining in the Analysis of Tree Harvester Performance Based on Automatically Collected Data. *Forests*, 14, 165. Doi: 10.3390/f14010165
- Proto, A. R., Sperandio, G., Costa, C., Maesano, M., Antonucci, F., Macri, G., Scarascia Mugnozza, G., & Zimbalatti, G. (2020). A Three-Step Neural Network Artificial Intelligence Modeling Approach for Time, Productivity and Costs Prediction: A Case Study in Italian Forestry. *Croat. J. For. Eng.*, 41, 35–47.
- Rocha, S. J. S. S. d., Romero, F. M. B., Torres, C. M. M. E., Jacovine, L. A. G., Ribeiro, S. C., Villanova, P. H., Schettini, B. L. S., Junior, V. T. M. d. M., Reis, L. P., Rufino, M. P. M. X., Comini, I. B., Júnior, I. d. S. T., & Viana, Á. B. T. (2023). Machine Learning: Volume and Biomass Estimates of Commercial Trees in the Amazon Forest. *Sustainability*, 15, 9452. Doi: 10.3390/su15129452
- Quinlan, J. R. (1986). Induction of Decision Trees. *Machine Learning*, 1, 81–106.

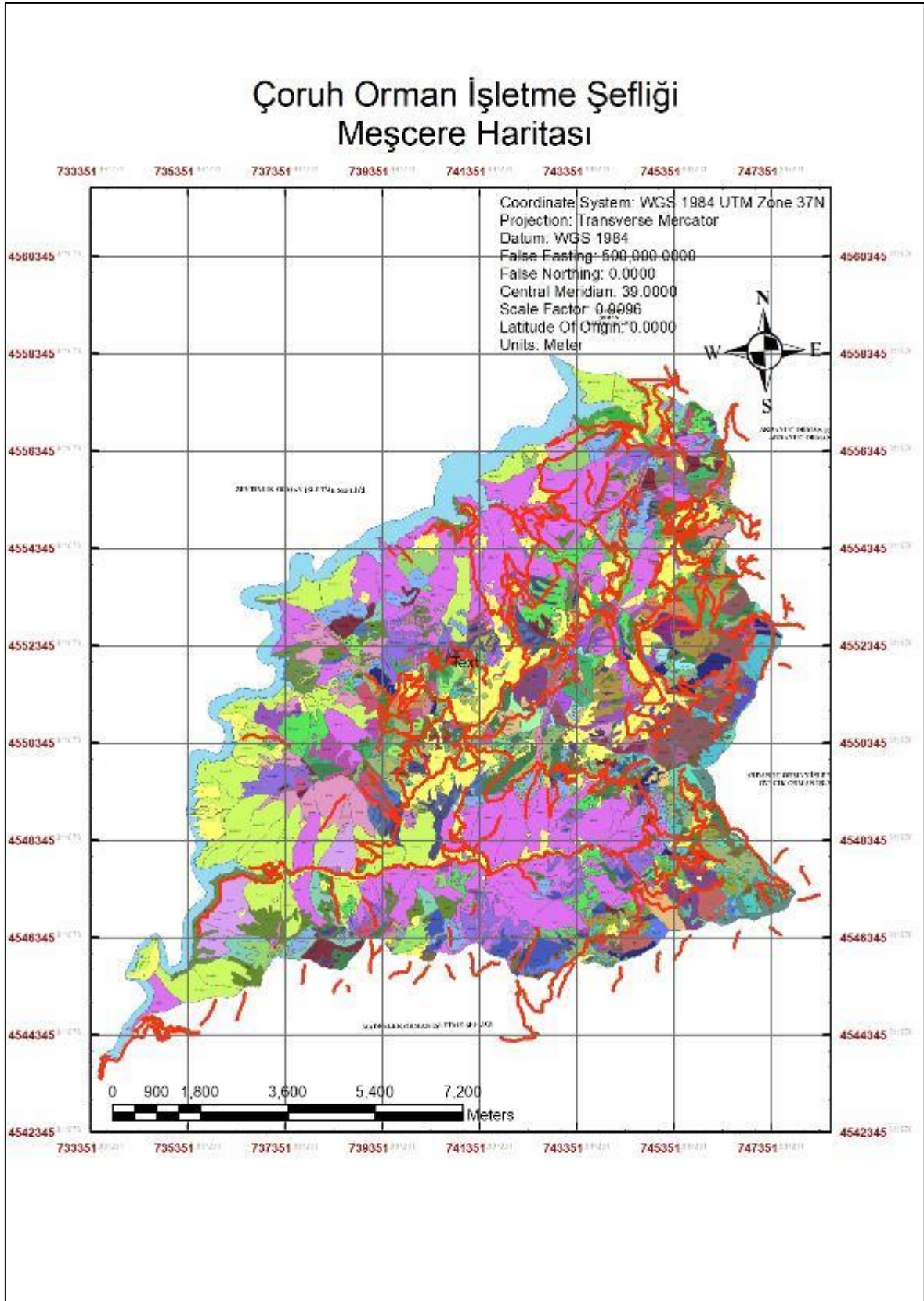
- Quinlan J. R. (1993). C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA
- Seçkin, Ö. B. (1975). *Demirköy Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmaktepe Bölgesi Yol Şebekesinin Planlama Tekniği Bakımından Araştırılması*. İstanbul.
- Sevimli Deniz, S. (2021). Kural Tabanlı Sınıflandırma Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Veri Bilimi Dergisi*, 4(3), 72-80.
- Shao, Y., Feng, Z., Sun, L., Yang, X., Li, Y., Xu, B., & Chen, Y. (2022). Mapping China's Forest Fire Risks with Machine Learning. *Forests*, 13, 856. Doi: 10.3390/f13060856
- Sowa, J.M., & Stanczykiewicz, A. (2004). Analysis of Injuries Occurring in Trees as a Result of Timber Harvesting. *Forest Engineering: New Techniques, Technologies and The Environment*, 329-337 P, Lviv, Ukraina.
- Spinelli, R. (1999). The Environmental Impact of Thinning: More Good Than Bad?. In: Proc IUFRO 3.09.00 Harvesting and Economic of Thinning. 136-143.
- Şentürk, N. (1992). Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şentürk, N., Öztürk, T., & Demir, M. (2007). Productivity and Costs in the Course of Timber Transportation with the Koller K300 Cable System in Turkey. *Building and Environment*, 42, 2107-2113.
- Tangirala, S. (2020). Evaluating the Impact of GINI Index and Information Gain on Classification using Decision Tree Classifier Algorithm. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 11, 612-619.
- Taş, İ., & Akay, A. E. (2020). Tarım Traktörü Vinci ile Kablo Çekimi Suretiyle Kar Üstünde Bölmeden Çıkarma Çalışmasının Verim Analizi. *Ağaç ve Orman*, 1(1), 21-27.
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2011). *Decision Support and Business Intelligence Systems*. Pearson Education India.
- Türk, Y., 2011. Ormancılıkta Endüstriyel Odun Hammaddesinin Tarım Traktörleriyle Bölmeden Çıkarılmasında Sürütme Şeritleri Ağının Optimizasyonu. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 173 s.
- Türk, Y., & Gümüş, S. (2015). Tarım traktörleriyle bölmeden çıkarmada meydana gelen toprak ve fidan zararlarının araştırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, vol.16, pp.55-64.
- Ünver, S., & Acar, H.H. (2005). Ladin Üretim Sahalarındaki Kış Üretiminde İnsan Gücüyle Bölmeden Çıkarmanın Çevresel Etkileri. *Ladin Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, KTÜ, Trabzon, s 765-774.
- Ünver, S., & Acar, H. H. (2009a). A Damage Prediction Model for Quantity Loss on Skidded Spruce Logs During Ground Base Skidding in North Eastern Turkey. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 30(1), s. 59-65.

- Ünver, S., & Acar, H. H. (2009b). Evaluation of Residual Tree Damage in Sloping Areas Due to Harvesting Operations by Manually. *Austrian Journal of Forest Science*, 126(3), s. 119-132.
- Ünver-Okan, S., & Gümüş, S. (2019). Endüstriyel odundaki sürütme zararlarının hasat mevsimine göre karşılaştırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, vol.20, pp.1-8.
- Ünver-Okan, S., Acar, H. H., Gümüş, S., & Ergenç, İ. (2019). Evaluation of The Risks in Wood Harvesting Activities by The Preliminary Hazard Analysis (PHA). *Journal of Advanced Technology Sciences*, 8(2):66-73.
- Ünver-Okan, S. (2020). Modelling of Work Efficiency in Cable Traction with Tractor Implementing the Least-Squares methods and Robust Regression. *Croat. J. For. Eng.* 41, 109–117.
- Wahyuni, S., S. K. S., & Perangin-Angin, M. I. (2017). The Implementation of Decision Tree Algorithm C4.5 Using Rapidminer in Analyzing Dropout Students. 4th International Conference on Technical and Vocation Education and Training.
- Wang, N., & Wang, G. (2023). Tree Species Classification Using Machine Learning Algorithms with OHS-2 Hyperspectral Image. *Scientia Forestalis*, 51, e3991. Doi: 10.18671/scifor.v51.18
- Yıldırım, M., & Engür, M. O. (1989). Ormanda Bölmeden Çıkarma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 41(4), 84-99.
- Yılmaz, R., Acar, M., & Öztürk, T. (2022). Productivity of Hauling by Tajfun MOZ 500 GR Cable Yarder in Turkey. *FORESTIST*, 72(3), 313-319.
- Yılmaz, R., Acar, M., & Öztürk, T. (2023). Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Tajfun MOZ 500 GR Mobil Hava Hattının Verimliliğinin İncelenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 14-20.
- Zhang, C., Liu, Y., & Tie, N. (2023). Forest Land Resource Information Acquisition with Sentinel-2 Image Utilizing Support Vector Machine, K-Nearest Neighbor, Random Forest, Decision Trees and Multi-Layer Perceptron. *Forests*, 14, 254. Doi: 10.3390/f14020254

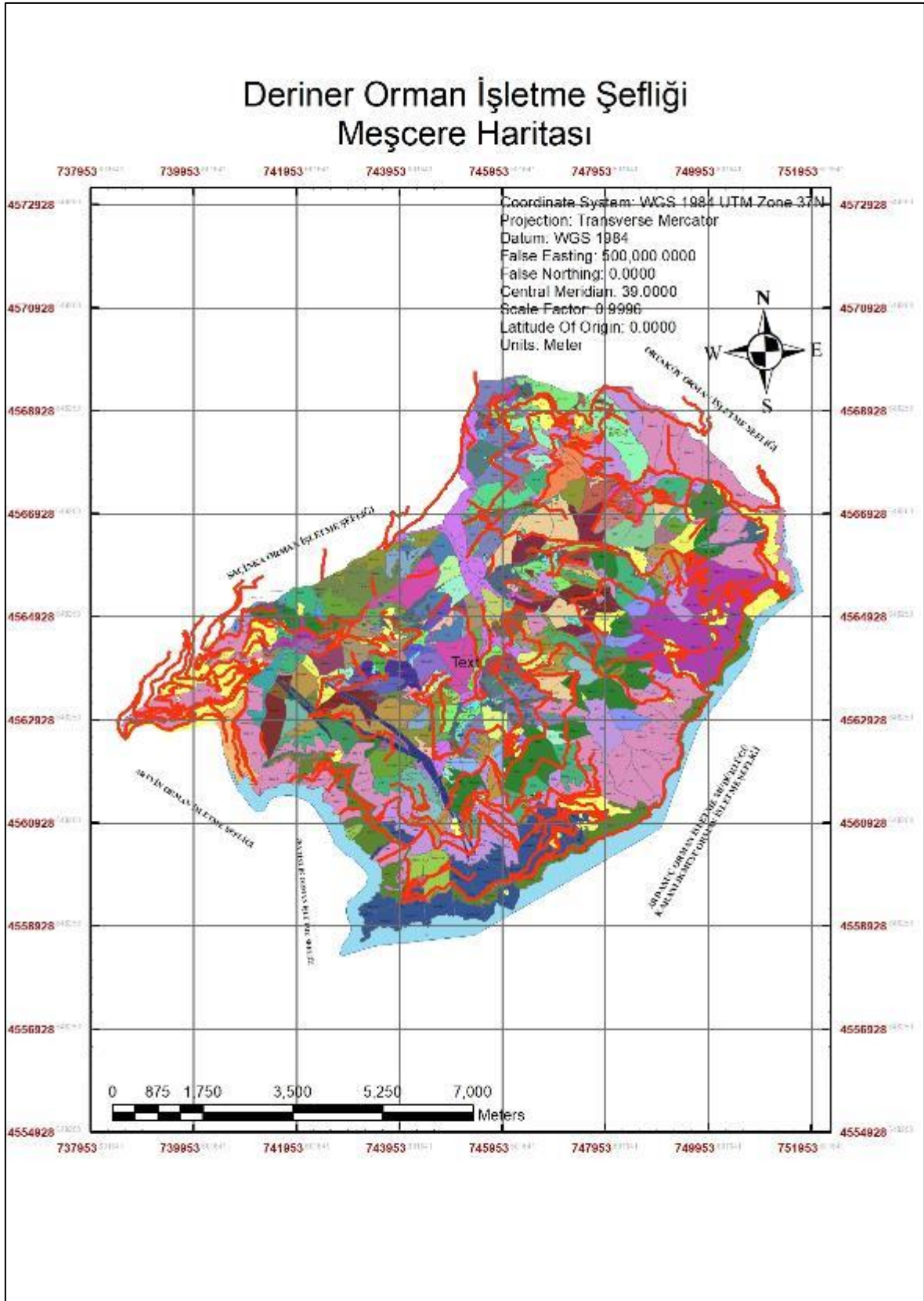
7. EKLER



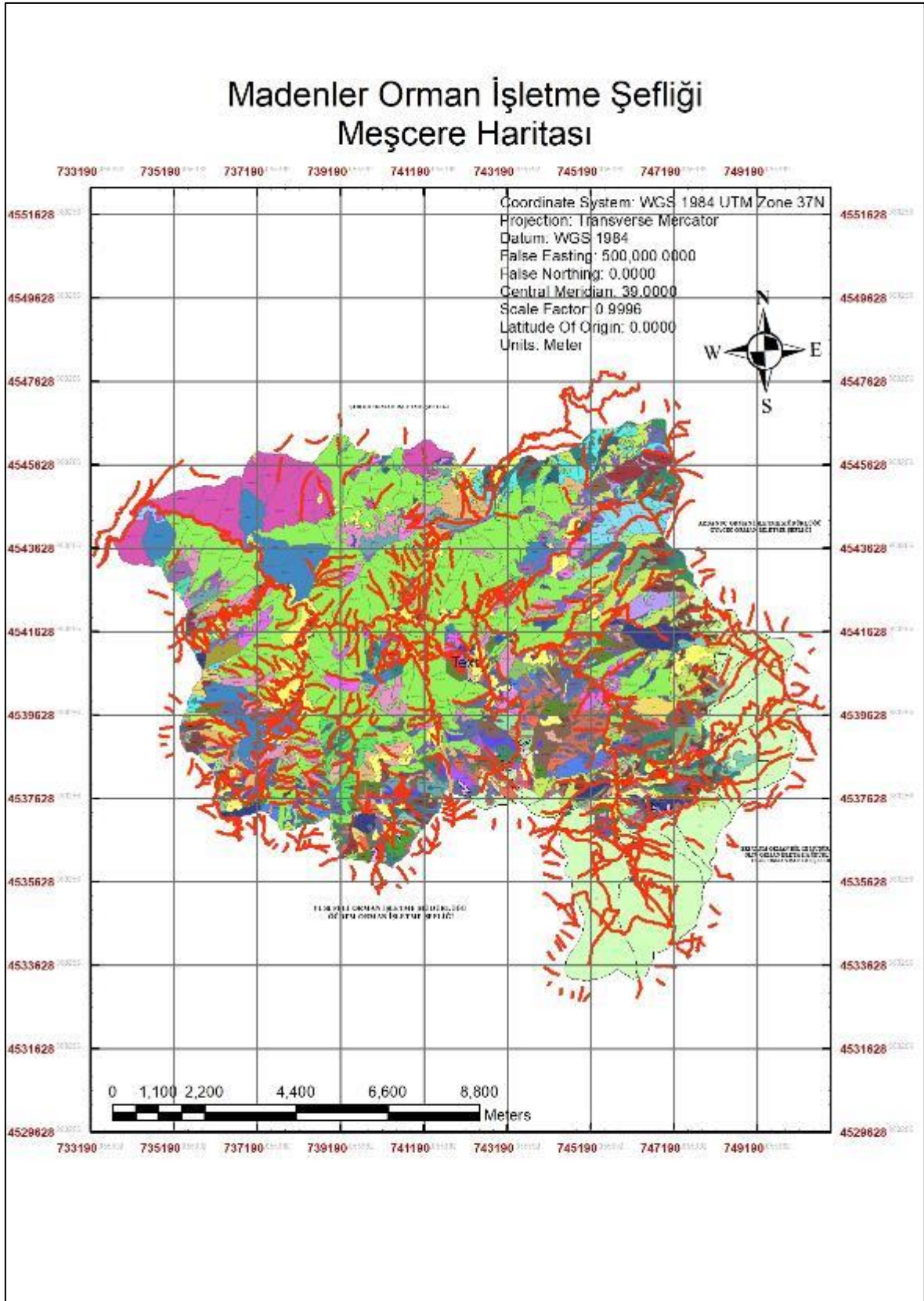
EK Şekil 1. Artvin Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



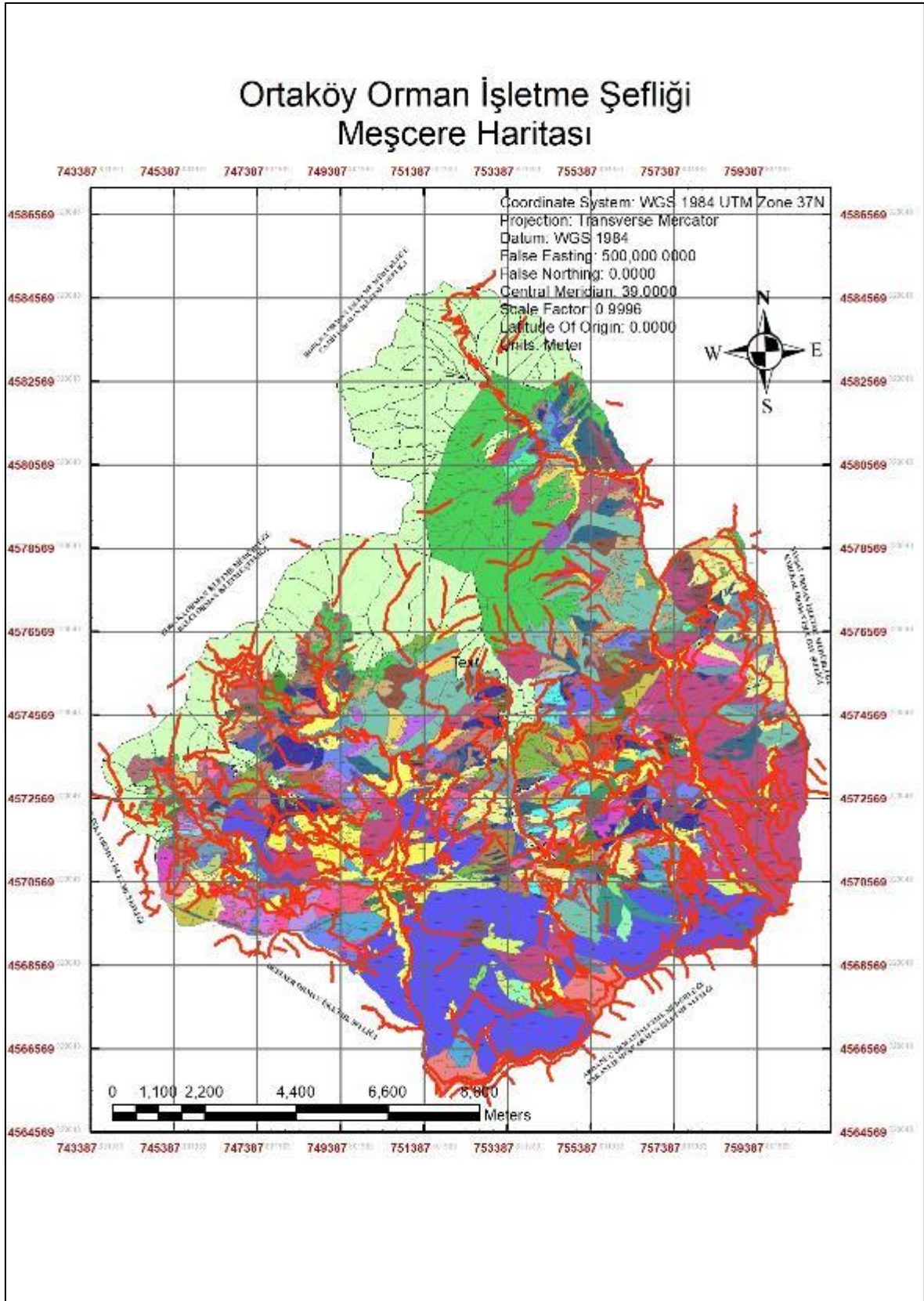
EK Şekil 2. Çoruh Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



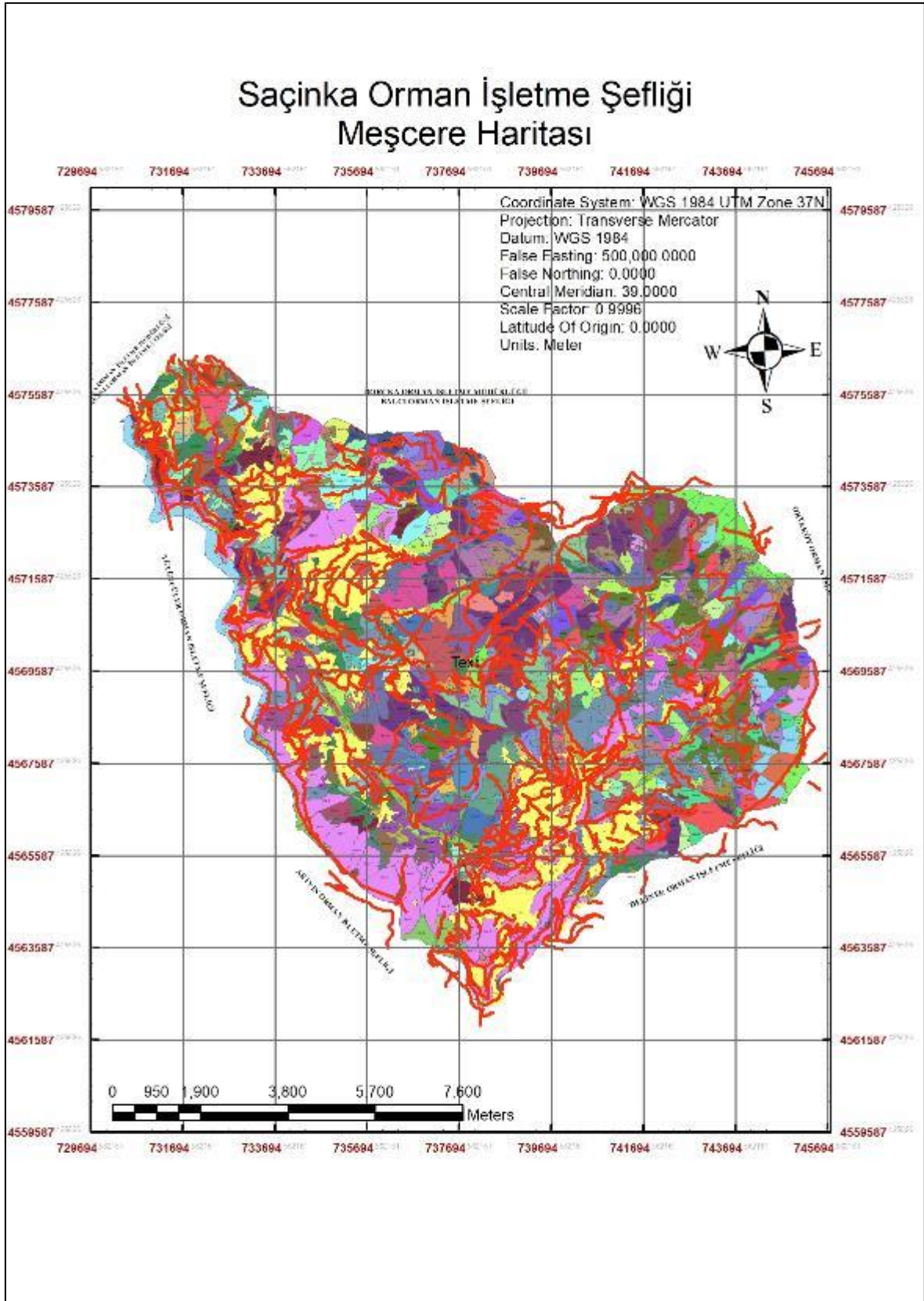
EK Şekil 3. Deriner Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



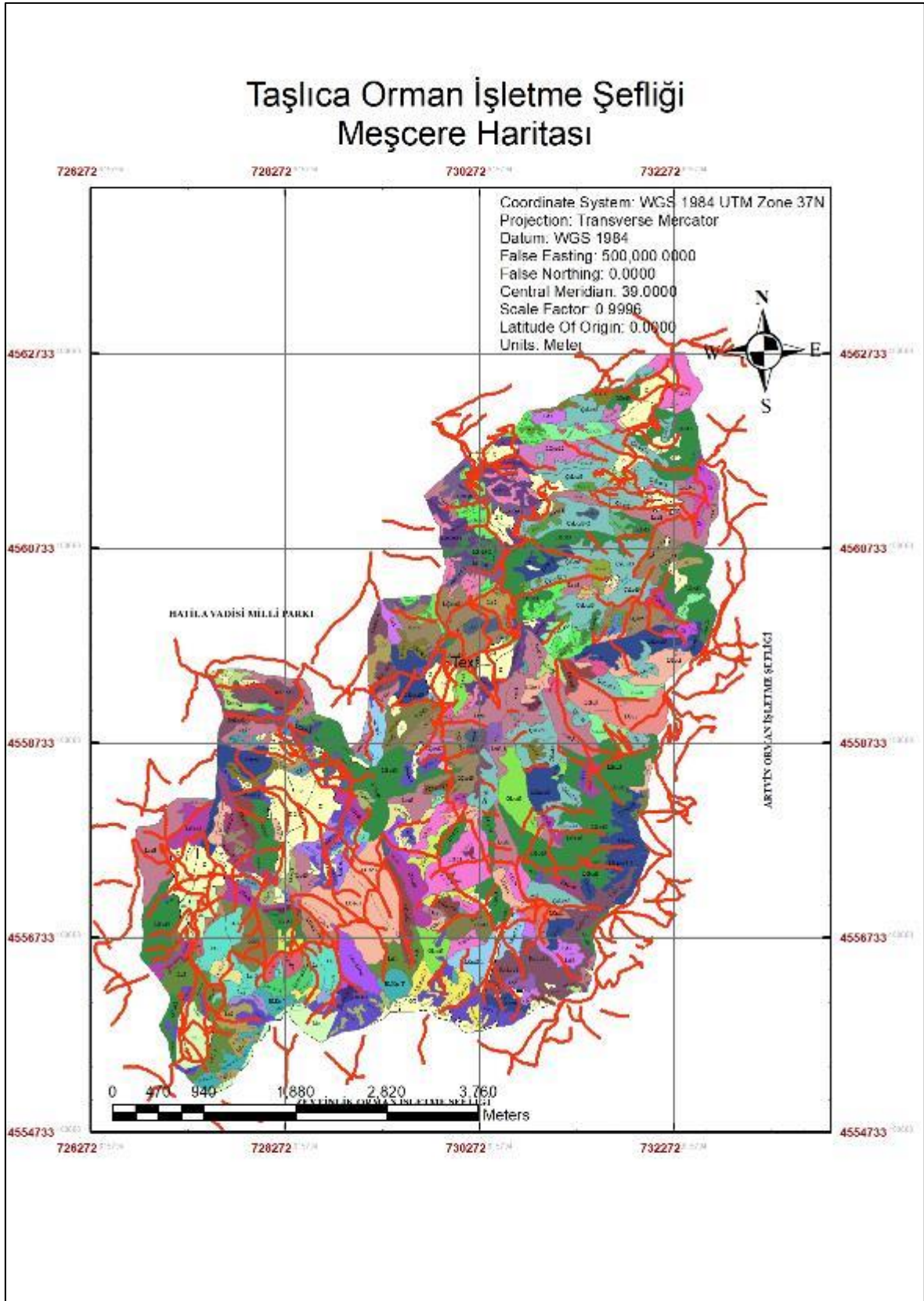
EK Şekil 4. Madenler Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



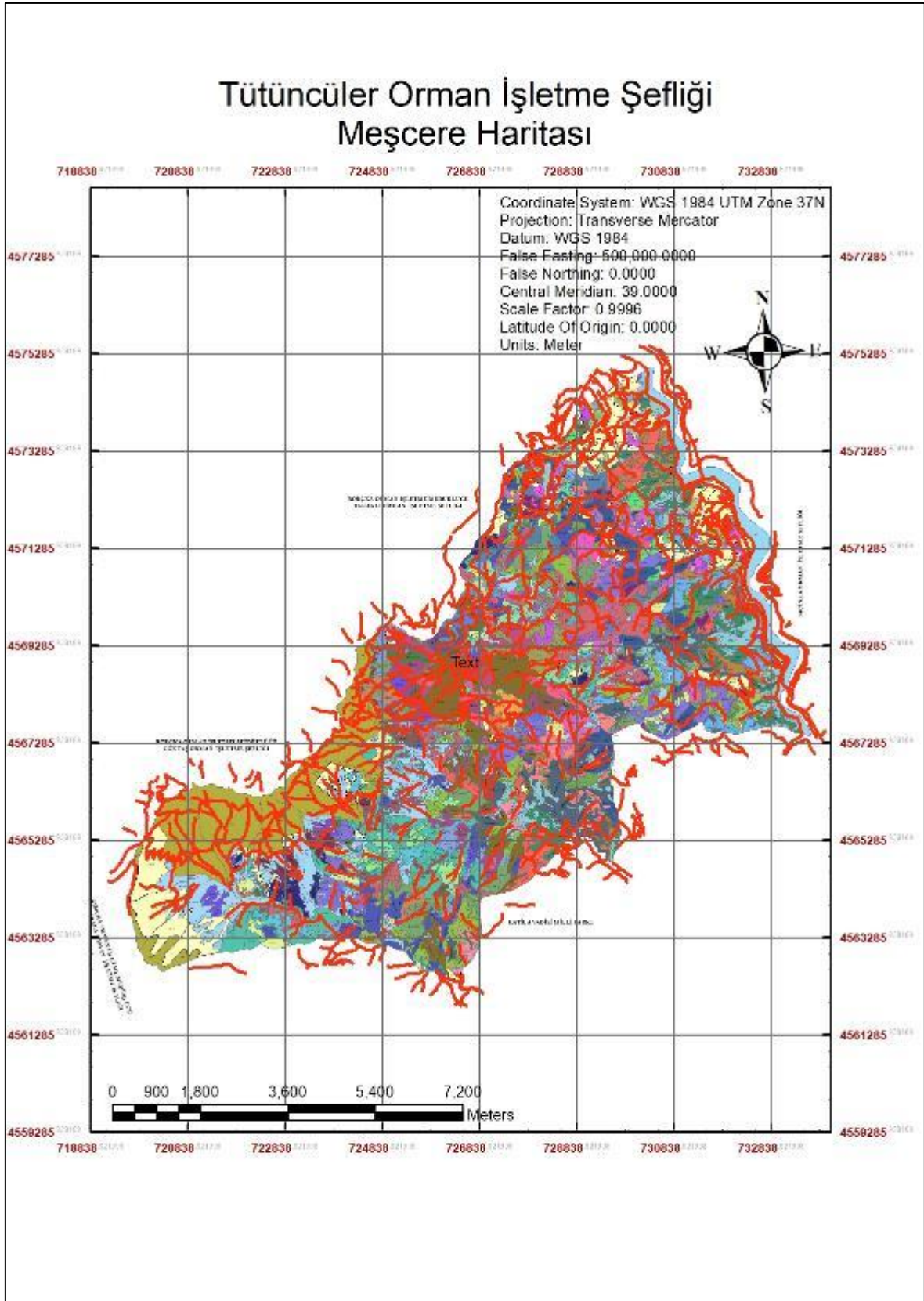
EK Şekil 5. Ortaköy Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



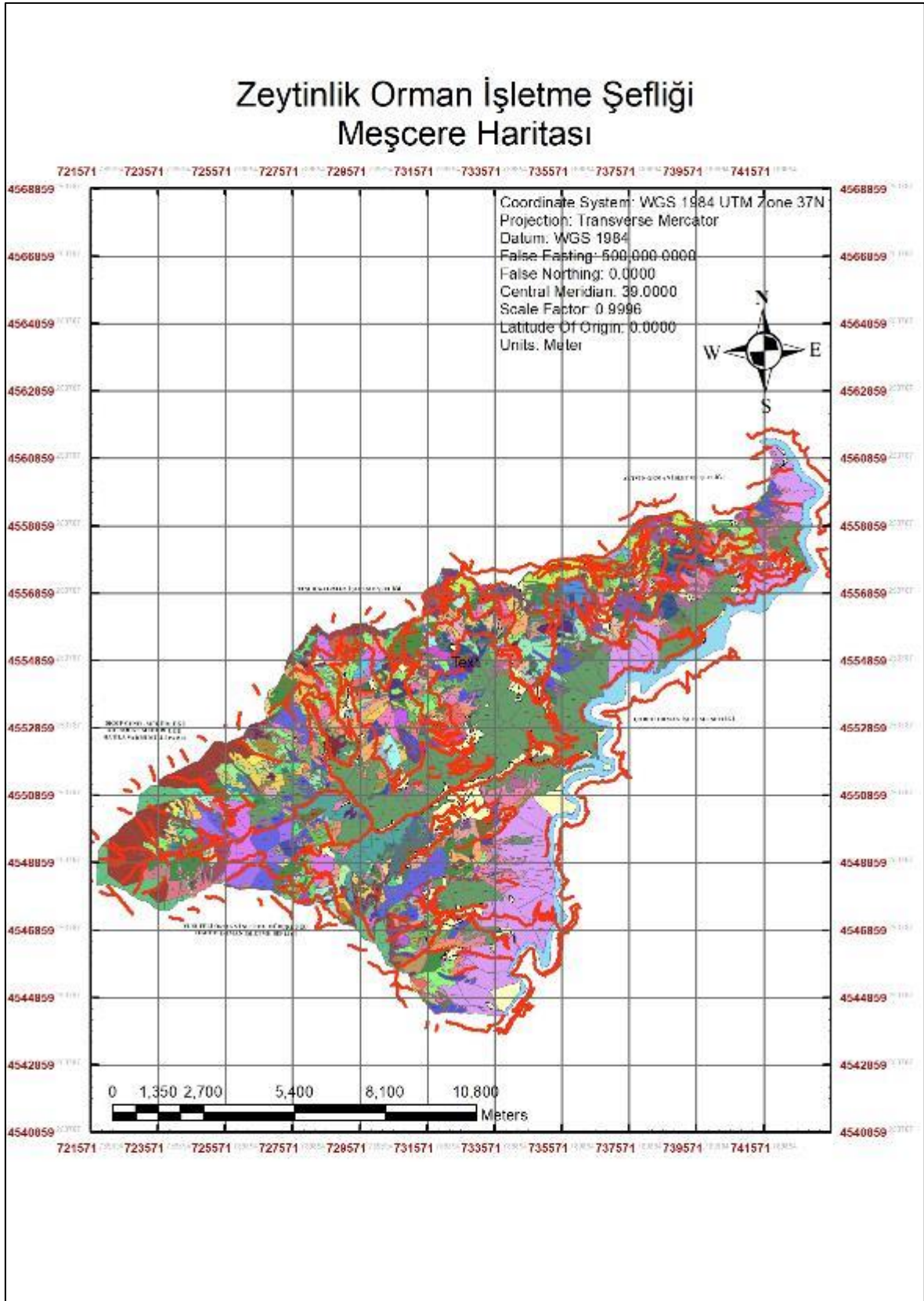
EK Şekil 6. Saçınka Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



EK Şekil 7. Taşlıca Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



EK Şekil 8. Tütüncüler Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı



EK Şekil 9. Zeytinlik Orman İşletme Şefliği Meşcere Haritası ve Yol Ağı

EK Tablo 1. Traktörle Kablo Çekimi ile BÇ Arazi Kayıt Formu

Bölme No:.....

Şeflik:

Meşcere Tipi:

Traktör/Artvin Vinci ile Kablo Çekimi

Tarih:

Maks Sür. Mes.: ...(m)

Arazi Etüt Karinesi

Arazi Eğimi ve Bakı: %...../...

No	Kablonun Yüke GİTİMESİ	Yükün Kabloya Bağlanması	Yükün Rampaya Çekilmesi	Yükün İstif Yerine Taşınması	Yükün Çözülmesi	Aracın Yerleşmesi	Ağaç Cinsi	Parça Sayısı	Hacim	Sürütme Mesafesi	Zaman Kayıpları (takılma, bekleme, arıza)	Toplam Zaman	
	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)		Adet	m ³	m	(sn)	(sn)	(dk)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													

diri örtü oranı: %.....

mevsim/sıcaklık/Zemin durumu: /C /

EK Tablo 2. Traktörle Zemin Üzerinde Sürütme ile BÇ Arazi Kayıt Formu

Bölme No:.....

Şeflik:

Meşcere Tipi:

Traktörle Sürütme

Tarih:

Maks. Sürt. Mes.: ...(m)

Arazi Etüt Karinesi

Arazi Eğimi ve Bakı: %...../...

No	Traktörün Yüke GİTmesi	Yükün Kabloya Bağlanması	Yükün Yola Çekilmesi	Yükün İstif Yerine Çekilmesi	Yükün Çözülmesi	Ağaç Cinsi	Parça Sayısı	Hacim	Sürütme Mesafesi	Zaman Kayıpları (takılma, bekleme, arıza)	Toplam Zaman	
	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)		Adet	m ³	m	(sn)	(sn)	(dk)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												

diri örtü oranı: %....

mevsim/sıcaklık/Zemin durumu: /C /

EK Tablo 3. Hava Hattı ile BÇ Arazi Kayıt Formu

Bölme No:.....

Meşcere Tipi:

Hat Uzn. ve Yüksek: ...(m)/(m)

Arazi Eğimi ve Bakı: %...../...

Şeflik:

Tarih:

Hava Hattı Arazi Etüt Karinesi

No	Vagonun Yüke girmesi	Kancanın Yere İnmesi	Kancanın Yüke Götürülmesi	Kancanın Yüke Bağlanması	Yükün Hattı Çekilmesi	Yükün Vagona Alınması	Yükli Vagonun Boşaltma Yerine Girmesi	Yükün Boşaltma Yerine	Yükün Çözülmesi	Boş Kancanın Vagona Çekilmesi	Ağaç Cinsi	Parça Sayısı	Hacim	Taşıma Mesafesi	Yandan Çekme Mesafesi	Zaman Kayıpları (takılma, bekleme, arıza)	Toplam Zaman	
	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)		Adet	m ³	m	m	(sn)	(sn)	(dk)
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		

diri örtü oranı: %....

hava hattı kurma/sökme süresi:..... /

mevsim/sıcaklık/Zemin durumu: /C /

Ek Tablo 4. İlk Arazi Çalışmalarından Elde Edilen Veriler

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelî Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
1	5	200	I	c	3	YA	yok	yok	I	320	IG	7.63	2440.96	26	13
2	5	150	I	c	3	YA	yok	yok	K	410	IG	5.72	2345.61	32	13
3	5	850	I	c	3	AY	yok	var	K	750	UMH	11.75	8810.25	25	30
4	5	75	I	c	2	AY	yok	yok	K	250	OTC	6.57	1643.63	32	8
5	5	880	I	c	3	AY	yok	yok	K	800	UMH	12.16	9729.28	24	34
6	5	500	I	c	2	YA	yok	yok	K	860	OMH	10.98	9438.50	47	19
7	5	1105	I	b	3	AY	yok	yok	I	640	UMH	15.27	9773.50	18	36
8	4	240	I	c	3	AY	var	yok	I	850	KMH	7.91	6721.80	40	22
9	4	75	K	c	3	AY	yok	yok	K	510	OTC	6.06	3088.31	43	12
10	5	400	I	c	3	AY	var	yok	I	780	OMH	8.78	6848.40	23	34
11	5	40	I	c	2	AY	yok	yok	K	340	OTC	3.51	1192.18	95	4
12	5	70	I	c	2	AY	yok	yok	K	200	OTC	3.22	644.00	20	10
13	5	65	I	c	2	AY	yok	yok	K	185	OTC	5.70	1054.11	85	3
14	5	40	Y	d	3	AY	yok	yok	I	620	OTC	3.51	2173.97	50	13
15	1	450	I	c	3	YA	yok	var	I	780	OLK	7.75	6044.22	21	38
16	4	300	I	c	3	AY	yok	var	I	650	OMH	6.32	4104.75	39	17
17	4	450	I	c	3	YA	yok	yok	I	560	OLK	6.99	3913.56	29	20
18	4	65	Y	c	3	AY	yok	yok	I	710	OTC	5.25	3726.15	48	15
19	5	400	I	c	3	AY	var	yok	K	1500	OMH	8.78	13170.00	51	30

Ek Tablo 4 (devam). İlk Arazi Çalışmalarından Elde Edilen Veriler

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
20	5	170	I	c	3	YA	yok	yok	I	460	IG	6.48	2982.55	30	16
21	5	250	I	c	3	AY	var	var	K	490	KMH	8.53	4178.48	37	14
22	5	70	I	c	3	AY	yok	yok	K	460	OTC	6.14	2822.65	62	8
23	5	400	I	c	3	AY	var	yok	I	1420	OMH	8.78	12467.60	54	27
24	5	800	I	c	3	AY	yok	var	I	1030	OMH	17.56	18086.80	28	37
25	4	120	Y	d	3	AY	yok	yok	I	530	OTC	9.69	5135.06	40	14
26	4	225	I	c	3	AY	yok	var	K	800	KMH	7.41	5931.00	40	20
27	5	180	I	c	2	YA	yok	yok	I	330	IG	6.87	2265.52	27	13
28	5	200	I	c	2	AY	var	var	K	1250	KMH	6.82	8527.50	43	30
29	5	750	I	c	3	YA	yok	yok	I	1005	OMH	16.46	16544.81	30	34
30	5	150	I	c	3	YA	yok	yok	I	400	IG	5.72	2288.40	31	13
31	1	450	I	c	3	YA	yok	var	K	1050	OLK	8.35	8766.70	20	53
32	5	270	I	c	2	AY	var	yok	K	350	KMH	9.21	3223.40	35	10
33	5	250	I	c	2	YA	yok	yok	K	520	IG	9.54	4958.20	23	23
34	5	850	I	c	3	AY	var	yok	K	850	UMH	11.75	9984.95	27	32
35	5	550	I	c	2	AY	var	var	K	450	OMH	12.07	5432.63	45	10
36	3	70	Y	c	3	AY	yok	yok	K	600	OTC	5.43	3260.88	55	11
37	5	250	I	c	3	AY	var	yok	K	390	KMH	8.53	3325.73	43	10
38	5	750	I	c	2	YA	var	var	I	460	OMH	16.46	7572.75	32	15
39	5	85	I	c	3	AY	yok	yok	K	620	OTC	7.45	4619.68	40	16

Ek Tablo 4 (devam). İlk Arazi Çalışmalarından Elde Edilen Veriler

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrel Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
40	5	150	I	c	3	AY	var	yok	K	890	KMH	5.12	4553.69	48	19
41	5	750	I	c	3	YA	yok	var	K	730	OMH	16.46	12017.63	35	21
42	4	55	Y	d	3	AY	yok	yok	K	230	OTC	4.44	1021.36	56	5
43	5	200	I	c	3	YA	yok	yok	I	190	IG	7.63	1449.32	25	8
44	5	500	I	c	3	AY	var	var	K	450	OMH	10.98	4938.75	45	10
45	5	550	I	c	3	AY	var	var	I	510	OMH	12.07	6156.98	42	13
46	4	100	Y	c	3	AY	yok	yok	I	150	OTC	8.07	1211.10	41	4
47	5	150	I	c	2	AY	yok	var	I	1400	KMH	5.12	7163.10	43	33
48	5	850	I	c	3	AY	yok	yok	I	910	UMH	11.75	10689.77	25	37
49	5	860	I	c	3	AY	var	yok	K	380	UMH	11.89	4516.38	26	15
50	5	250	I	c	3	AY	var	var	K	680	KMH	8.53	5798.70	40	17

EK Tablo 5. Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
1	4	250	I	c	2	YA	yok	yok	K	850	OTS	6.27	5325.25	64	14
2	4	200	I	d	3	YA	var	yok	K	600	OMH	4.21	2526.00	55	11
3	2	350	Y	c	1	YA	yok	var	K	190	OLK	6.03	1145.13	32	6
4	5	90	I	b	3	AY	yok	yok	I	200	ELV	4.14	828.00	16	13
5	1	300	I	b	2	YA	yok	yok	K	600	OTS	5.78	3468.60	72	9
6	3	175	I	b	1	AY	var	var	K	750	KMH	5.57	4176.38	43	18
7	1	100	I	c	1	YA	var	var	K	680	OLK	1.86	1261.66	63	11
8	5	905	I	d	2	AY	yok	var	K	560	UMH	12.51	7003.98	24	24
9	3	180	Y	c	1	YA	var	yok	K	200	OLK	2.99	598.68	50	4
10	5	80	Y	b	3	AY	yok	yok	K	240	ELV	3.68	883.20	17	15
11	4	500	I	b	1	AY	yok	var	I	700	OMH	10.53	7367.50	33	22
12	3	550	I	d	1	YA	yok	yok	K	760	OTS	12.47	9480.24	35	22
13	2	300	I	d	2	AY	var	yok	I	600	KMH	9.11	5464.80	37	17
14	1	65	I	c	1	AY	yok	yok	I	550	OTC	4.76	2616.54	53	11
15	5	850	Y	b	1	AY	yok	yok	I	640	UMH	11.75	7518.08	26	25
16	4	90	K	d	3	AY	var	var	I	640	KMH	2.97	1897.92	60	11
17	3	120	I	c	2	AY	yok	yok	I	860	OTC	9.32	8012.45	26	34
18	2	165	I	b	1	AY	var	yok	I	450	KMH	5.01	2254.23	43	11
19	1	950	I	d	3	AY	var	var	K	1200	UMH	10.22	12266.40	27	45
20	1	800	I	c	3	AY	var	yok	I	200	OMH	13.54	2707.20	32	7
21	2	250	K	d	2	AY	var	var	K	750	KMH	7.59	5692.50	39	20
22	5	450	K	d	2	AY	var	yok	K	880	OMH	9.88	8692.20	30	30
23	4	225	Y	c	3	AY	var	yok	K	340	KMH	7.41	2520.68	41	9
24	1	110	I	d	3	AY	yok	yok	I	560	OTC	8.05	4508.50	45	13
25	3	225	I	b	2	YA	yok	yok	I	650	OLK	3.74	2432.14	48	14
26	5	650	I	c	3	YA	var	yok	K	670	OMH	14.27	9559.23	32	21
27	4	400	Y	b	1	YA	yok	yok	K	520	OTS	10.02	5212.48	39	14

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
28	2	275	I	b	2	YA	yok	yok	K	400	IG	12.87	5146.90	14	29
29	3	250	I	c	3	YA	yok	yok	I	420	IG	11.28	4738.65	21	20
30	3	1250	I	d	2	AY	var	var	I	940	UMH	15.14	14229.25	14	68
31	4	200	Y	b	2	YA	yok	yok	K	240	IG	8.59	2062.56	21	12
32	1	250	Y	d	1	AY	yok	yok	K	160	OTS	4.82	770.80	80	2
33	5	280	I	d	1	YA	yok	var	K	480	OMH	6.15	2950.08	45	11
34	3	450	I	d	3	AY	var	var	I	1420	OMH	8.83	12537.18	35	41
35	4	100	I	b	3	AY	yok	yok	K	240	ELV	4.20	1008.00	21	12
36	2	250	K	d	1	AY	yok	yok	K	410	OTS	5.22	2138.15	73	6
37	5	50	I	b	3	AY	yok	yok	K	200	ELV	2.30	460.00	25	8
38	4	900	I	c	2	AY	var	var	I	740	UMH	11.66	8624.70	24	31
39	2	150	I	c	1	AY	var	yok	I	620	KMH	4.55	2823.48	52	12
40	3	300	K	b	3	YA	yok	yok	K	300	OTS	6.80	2041.20	67	5
41	2	100	Y	d	1	AY	yok	yok	I	340	OTC	7.53	2558.84	44	8
42	3	80	Y	d	1	AY	var	var	K	480	KMH	2.55	1221.89	63	8
43	3	250	I	d	3	AY	yok	yok	I	1300	KMH	7.96	10341.50	42	31
44	5	900	I	d	3	YA	var	var	K	690	UMH	12.44	8582.22	23	30
45	4	925	I	d	2	YA	var	var	I	640	UMH	11.98	7666.40	22	30
46	5	805	I	b	2	AY	var	yok	K	180	UMH	11.13	2002.52	26	7
47	4	750	I	d	1	YA	var	yok	I	490	OMH	15.79	7735.88	21	24
48	3	200	I	b	3	YA	yok	yok	K	1820	OTS	4.54	8255.52	68	27
49	3	800	I	c	1	AY	yok	var	K	640	OMH	15.70	10045.44	25	26
50	1	350	I	c	2	YA	yok	yok	K	680	OTS	6.74	4586.26	70	10
51	5	500	K	d	1	AY	yok	yok	I	1200	OMH	10.98	13170.00	32	38
52	4	425	I	b	1	YA	yok	yok	K	640	IG	18.26	11687.84	15	43
53	2	1210	I	d	3	YA	var	yok	K	220	UMH	13.61	2994.75	16	14
54	1	350	I	c	1	AY	yok	yok	K	700	OTS	6.74	4721.15	75	10
55	3	925	I	d	3	YA	var	yok	K	250	UMH	11.20	2800.44	24	11

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
56	3	60	I	c	3	AY	yok	yok	I	620	OTC	4.66	2888.21	60	11
57	4	680	Y	c	1	AY	yok	var	K	720	OMH	14.31	10306.08	23	32
58	5	785	I	c	1	AY	var	var	K	320	OMH	17.23	5513.84	30	11
59	1	40	I	b	1	AY	yok	yok	K	150	ELV	1.40	210.00	37	5
60	5	850	I	b	1	YA	var	var	K	450	UMH	11.75	5286.15	25	18
61	2	450	I	c	1	YA	var	yok	K	480	OLK	7.75	3719.52	20	24
62	4	300	I	d	2	AY	var	var	I	500	KMH	9.89	4942.50	36	14
63	2	250	Y	c	3	AY	yok	yok	K	250	OTS	5.22	1303.75	74	4
64	3	150	I	b	1	YA	yok	yok	K	760	OTS	3.40	2585.52	74	11
65	3	350	I	c	3	YA	yok	yok	I	340	IG	15.80	5370.47	17	20
66	4	300	I	c	3	YA	var	var	I	210	OLK	4.66	978.39	35	6
67	5	960	K	b	2	AY	yok	yok	I	670	UMH	13.27	8889.02	23	30
68	2	45	I	b	1	AY	yok	yok	I	180	ELV	1.63	293.22	35	6
69	3	150	I	c	2	YA	yok	yok	I	470	IG	6.77	3181.67	23	21
70	1	50	I	d	2	AY	yok	yok	K	350	OTC	3.66	1280.83	59	6
71	2	450	I	d	1	YA	yok	yok	I	310	OTS	9.39	2909.97	58	6
72	2	500	I	d	3	YA	yok	yok	K	450	OTS	10.43	4693.50	49	10
73	5	70	I	b	2	AY	yok	yok	K	820	OTC	6.14	5031.68	32	26
74	2	1055	K	d	2	YA	var	var	I	650	UMH	11.87	7714.69	19	35
75	3	250	Y	d	2	AY	yok	var	I	800	KMH	7.96	6364.00	45	18
76	4	200	I	b	3	AY	var	yok	I	1210	KMH	6.59	7973.90	43	29
77	1	150	I	d	3	AY	var	yok	K	150	KMH	4.26	638.33	51	3
78	4	45	I	b	1	AY	yok	yok	K	720	OTC	3.63	2615.98	53	14
79	2	250	Y	d	1	AY	var	var	I	400	KMH	7.59	3036.00	37	11
80	5	65	Y	b	3	AY	yok	yok	K	310	ELV	2.99	926.90	22	15
81	3	90	I	b	1	AY	yok	yok	K	450	OTC	6.99	3144.42	47	10
82	1	250	I	b	3	YA	yok	yok	I	650	IG	12.06	7837.38	15	44
83	2	810	I	d	1	YA	var	var	K	500	UMH	9.11	4556.25	34	15

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
84	4	200	I	c	3	AY	yok	yok	K	710	KMH	6.59	4678.90	41	18
85	4	75	I	b	3	AY	yok	yok	I	200	ELV	3.15	630.00	20	10
86	5	350	I	b	1	AY	yok	var	K	260	OMH	7.68	1997.45	33	8
87	2	200	I	b	1	AY	yok	yok	K	320	OTS	4.17	1335.04	72	5
88	1	1200	I	d	2	AY	var	var	I	500	UMH	12.91	6456.00	19	27
89	1	175	I	d	2	AY	yok	var	I	490	KMH	4.96	2432.73	50	10
90	3	45	I	b	2	AY	yok	yok	I	210	ELV	1.73	362.88	32	7
91	2	60	I	b	2	AY	yok	yok	K	180	ELV	2.17	390.96	32	6
92	5	625	I	d	3	YA	var	yok	I	880	OMH	13.72	12072.50	33	27
93	4	250	I	d	1	YA	var	var	I	410	OMH	5.26	2157.63	45	10
94	3	300	Y	b	2	YA	yok	yok	I	700	OTS	6.80	4762.80	63	12
95	2	175	Y	b	2	YA	yok	var	K	160	OLK	3.01	482.16	49	4
96	3	420	I	d	1	AY	var	var	K	720	OMH	8.24	5933.09	32	23
97	3	250	I	d	1	AY	var	var	I	640	KMH	7.96	5091.20	41	16
98	4	1150	I	d	1	YA	yok	var	I	760	UMH	14.89	11318.30	17	45
99	4	500	I	d	1	YA	yok	yok	K	890	OTS	12.53	11151.70	34	27
100	5	990	I	d	1	YA	var	yok	K	680	UMH	13.68	9303.62	19	36
101	5	950	I	d	2	AY	var	yok	K	920	UMH	13.13	12078.68	23	40
102	1	250	I	c	2	AY	var	var	K	290	KMH	7.09	2056.83	38	8
103	3	615	K	c	2	AY	yok	var	K	920	OMH	12.07	11101.00	26	36
104	4	70	K	b	3	AY	yok	yok	K	145	ELV	2.94	426.30	20	8
105	5	850	I	b	3	AY	yok	var	K	460	UMH	11.75	5403.62	25	19
106	3	200	I	d	1	AY	yok	var	I	660	KMH	6.36	4200.24	41	17
107	3	225	I	c	1	AY	var	var	K	360	KMH	7.16	2577.42	49	8
108	3	400	I	c	3	AY	yok	var	I	890	OMH	7.85	6984.72	36	25
109	2	300	I	d	3	YA	yok	yok	I	800	OTS	6.26	5006.40	71	12
110	4	420	I	b	2	AY	var	var	K	460	OMH	8.84	4066.86	32	15
111	5	750	I	c	3	YA	var	var	K	1200	OMH	16.46	19755.00	27	45

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
112	2	990	I	d	2	AY	yok	yok	I	460	UMH	11.14	5123.25	21	22
113	1	250	I	b	3	YA	var	var	K	110	OLK	4.64	510.23	39	3
114	3	420	I	c	3	YA	yok	yok	I	275	IG	18.95	5212.52	17	17
115	1	150	I	d	1	AY	var	var	K	380	KMH	4.26	1617.09	45	9
116	3	55	I	b	3	AY	yok	yok	I	195	ELV	2.11	411.84	26	8
117	2	420	I	b	1	YA	yok	var	K	720	OLK	7.23	5207.33	24	30
118	4	50	I	d	1	AY	yok	yok	K	1280	OTC	4.04	5167.36	50	26
119	2	840	I	d	1	YA	yok	var	I	370	UMH	9.45	3496.50	31	12
120	5	340	I	c	3	AY	yok	yok	K	370	OMH	7.46	2761.31	36	11
121	2	50	I	c	1	AY	yok	yok	I	410	OTC	3.76	1542.83	62	7
122	3	110	Y	c	3	AY	yok	yok	I	200	OTC	8.54	1708.08	41	5
123	4	120	I	d	1	AY	yok	yok	I	1060	OTC	9.69	10270.13	38	28
124	1	350	I	d	2	AY	yok	yok	K	660	OTS	6.74	4451.37	75	9
125	4	60	I	b	1	AY	yok	yok	K	260	ELV	2.52	655.20	24	11
126	5	180	I	c	2	AY	yok	var	I	780	KMH	6.14	4789.04	41	20
127	1	250	I	c	2	YA	yok	var	I	1020	OLK	4.64	4731.23	38	27
128	4	240	I	b	3	YA	yok	var	I	1090	OLK	3.73	4062.65	47	24
129	5	800	K	d	3	YA	var	yok	K	170	OMH	17.56	2985.20	27	7
130	5	805	I	d	2	YA	var	yok	K	960	UMH	11.13	10680.10	27	36
131	3	200	I	b	1	AY	yok	yok	I	655	KMH	6.36	4168.42	48	14
132	5	815	I	b	2	AY	var	var	K	920	UMH	11.26	10362.24	25	37
133	1	200	I	d	3	AY	yok	yok	K	800	OTS	3.85	3083.20	82	10
134	4	350	I	c	2	YA	yok	yok	I	605	IG	15.04	9098.90	19	32
135	5	575	Y	c	2	AY	var	var	I	380	OMH	12.62	4796.08	38	10
136	2	275	Y	d	3	AY	yok	yok	K	1200	OTS	5.74	6883.80	72	17
137	4	70	I	c	2	AY	yok	yok	K	1050	OTC	5.65	5934.39	44	24
138	2	945	I	d	3	YA	var	var	I	1010	UMH	10.63	10737.56	23	44
139	4	320	I	c	2	AY	var	yok	I	640	OMH	6.74	4311.04	36	18

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
140	2	950	I	d	1	YA	yok	var	K	290	UMH	10.69	3099.38	23	13
141	1	450	I	c	3	YA	var	yok	I	320	OLK	8.35	2671.75	21	16
142	1	1000	Y	d	2	AY	var	yok	I	750	UMH	10.76	8070.00	24	32
143	1	250	I	c	1	YA	yok	yok	K	880	OTS	4.82	4239.40	78	12
144	3	75	I	b	1	AY	yok	yok	K	400	OTC	5.82	2329.20	53	8
145	2	900	I	d	2	YA	var	var	I	390	UMH	10.13	3948.75	26	15
146	2	815	I	d	3	YA	var	var	K	1380	UMH	9.17	12652.88	33	42
147	1	120	I	b	3	AY	yok	yok	K	700	OTC	8.78	6147.96	45	16
148	3	325	K	d	3	YA	yok	yok	I	480	OTS	7.37	3538.08	60	8
149	4	190	Y	c	3	YA	var	var	K	125	OLK	2.95	368.84	51	3
150	2	90	Y	c	1	AY	yok	yok	I	500	OTC	6.77	3386.70	47	11
151	4	250	Y	b	1	YA	var	var	I	115	OLK	3.88	446.49	45	3
152	4	30	I	b	2	AY	yok	yok	I	225	ELV	1.26	283.50	32	8
153	5	1050	I	d	1	YA	var	var	K	920	UMH	14.51	13350.12	20	46
154	4	410	I	c	3	AY	var	yok	K	380	OMH	8.63	3279.59	34	12
155	4	180	I	d	2	YA	var	yok	K	720	OMH	3.79	2728.08	53	14
156	2	200	I	b	1	AY	yok	yok	K	400	OTS	4.17	1668.80	76	6
157	2	450	I	c	3	YA	yok	var	K	620	OLK	7.75	4804.38	19	33
158	3	965	I	d	2	AY	yok	var	K	640	UMH	11.69	7479.14	22	30
159	3	1005	I	d	2	AY	var	var	K	280	UMH	12.17	3407.75	19	15
160	3	325	I	b	3	YA	yok	yok	K	190	OTS	7.37	1400.49	65	3
161	5	240	I	d	2	AY	yok	yok	K	780	KMH	8.19	6385.39	38	21
162	5	360	Y	d	2	AY	var	yok	I	710	OMH	7.90	5610.42	33	22
163	4	75	Y	b	1	AY	yok	yok	I	250	OTC	6.06	1513.88	45	6
164	2	100	I	d	3	AY	var	yok	K	940	KMH	3.04	2853.84	50	19
165	1	150	I	d	2	AY	yok	var	K	850	KMH	4.26	3617.18	44	20
166	3	430	I	c	1	YA	yok	var	K	270	OLK	7.15	1930.74	30	9
167	5	1040	I	b	3	AY	var	var	I	780	UMH	14.37	11210.78	20	39

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
168	2	350	K	c	2	YA	var	yok	I	220	OLK	6.03	1325.94	30	8
169	2	65	I	b	1	AY	yok	yok	K	150	ELV	2.35	352.95	32	5
170	3	300	I	b	3	YA	yok	yok	I	570	IG	13.54	7717.23	20	29
171	2	60	I	b	3	AY	yok	yok	I	810	OTC	4.52	3657.64	59	14
172	3	250	I	b	3	YA	yok	yok	K	495	IG	11.28	5584.84	20	25
173	3	390	I	c	1	YA	yok	yok	K	380	IG	17.60	6688.27	17	23
174	3	65	I	d	1	AY	yok	yok	K	950	OTC	5.05	4794.27	59	17
175	4	45	I	b	1	AY	yok	yok	K	135	ELV	1.89	255.15	28	5
176	2	1105	I	d	3	AY	var	yok	I	1200	UMH	12.43	14917.50	18	67
177	1	290	I	b	2	YA	yok	var	I	1100	OLK	5.38	5918.68	31	36
178	2	175	I	d	1	AY	var	var	K	370	KMH	5.31	1965.81	40	10
179	1	80	I	d	3	AY	yok	yok	I	600	OTC	5.86	3513.12	51	12
180	1	400	I	c	1	YA	var	var	K	250	OLK	7.42	1855.39	22	12
181	3	350	I	c	3	YA	yok	yok	I	540	IG	15.80	8529.57	18	30
182	2	250	I	c	3	AY	var	yok	K	880	KMH	7.59	6679.20	41	22
183	1	150	I	b	2	YA	yok	yok	I	400	IG	7.23	2893.80	18	23
184	3	325	I	b	1	YA	var	var	K	95	OLK	5.40	513.45	34	3
185	4	175	I	b	1	YA	yok	var	K	600	OLK	2.72	1630.65	57	11
186	4	300	Y	d	2	YA	yok	var	K	460	OMH	6.32	2904.90	42	11
187	2	820	I	d	2	YA	var	yok	K	450	UMH	9.23	4151.25	33	14
188	3	40	I	b	1	AY	yok	yok	K	190	ELV	1.54	291.84	32	6
189	5	980	I	d	2	AY	var	yok	K	720	UMH	13.54	9751.39	22	33
190	4	320	Y	c	2	YA	yok	yok	K	290	IG	13.75	3987.62	20	15
191	2	85	I	c	1	AY	yok	yok	K	380	OTC	6.40	2430.90	49	8
192	1	250	I	c	3	AY	yok	yok	I	350	KMH	7.09	2482.38	35	10
193	3	405	I	b	1	YA	yok	yok	I	490	IG	18.28	8956.05	16	31
194	5	240	I	c	1	AY	var	yok	K	240	KMH	8.19	1964.74	36	7
195	5	630	K	d	1	AY	yok	yok	K	480	OMH	13.83	6637.68	34	15

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
196	4	85	Y	d	1	AY	yok	yok	K	870	OTC	6.86	5970.72	41	22
197	2	325	I	d	3	AY	yok	yok	K	700	OTS	6.78	4745.65	71	10
198	4	240	I	b	3	AY	yok	var	I	480	KMH	7.91	3795.84	35	14
199	3	280	I	b	1	YA	yok	yok	I	470	IG	12.64	5939.11	21	23
200	2	200	I	d	3	AY	var	yok	K	510	KMH	6.07	3096.72	44	12
201	2	125	I	b	1	YA	var	var	K	300	OLK	2.15	645.75	61	5
202	3	400	I	b	2	YA	yok	yok	K	1350	OTS	9.07	12247.20	40	34
203	2	45	I	c	1	AY	yok	yok	I	430	OTC	3.39	1456.28	66	7
204	3	990	K	c	3	AY	yok	yok	I	1250	UMH	11.99	14986.13	20	63
205	4	290	I	b	3	YA	yok	yok	K	620	OTS	7.27	4505.79	61	11
206	1	975	I	d	3	AY	yok	yok	I	460	UMH	10.49	4825.86	27	18
207	2	250	I	d	1	AY	var	var	I	250	KMH	7.59	1897.50	42	6
208	3	300	I	d	3	YA	yok	yok	K	670	OTS	6.80	4558.68	65	11
209	5	190	I	d	1	AY	yok	var	K	360	KMH	6.48	2333.12	40	9
210	1	150	Y	b	1	YA	var	yok	K	220	OLK	2.78	612.28	48	5
211	2	200	I	d	3	AY	var	yok	I	780	KMH	6.07	4736.16	46	17
212	4	60	I	b	2	AY	yok	yok	I	220	ELV	2.52	554.40	22	10
213	3	320	I	d	3	YA	var	var	I	840	OMH	6.28	5273.86	36	24
214	2	225	I	b	3	YA	yok	yok	I	380	IG	10.53	4000.55	17	23
215	3	310	I	b	2	YA	yok	yok	I	610	IG	13.99	8534.08	19	33
216	2	260	K	b	1	YA	var	var	K	420	OLK	4.48	1880.42	36	12
217	4	170	K	b	1	YA	yok	yok	K	480	IG	7.30	3506.35	24	20
218	4	835	I	d	1	AY	yok	var	I	640	UMH	10.81	6920.48	29	23
219	3	400	K	d	2	AY	var	var	K	1600	OMH	7.85	12556.80	34	48
220	2	175	I	c	1	AY	yok	yok	I	200	OTS	3.65	730.10	72	3
221	1	370	I	b	2	YA	var	var	K	270	OLK	6.86	1853.53	24	12
222	3	75	I	d	2	AY	yok	yok	K	430	OTC	5.82	2503.89	51	9
223	4	300	I	b	1	AY	var	var	K	1220	OMH	6.32	7704.30	39	32

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
224	2	860	I	c	1	AY	var	yok	I	480	UMH	9.68	4644.00	27	18
225	5	310	I	d	3	AY	yok	var	I	860	OMH	6.80	5851.87	42	21
226	2	360	I	b	3	YA	yok	var	K	640	OLK	6.20	3967.49	28	23
227	4	220	I	d	1	YA	var	var	K	920	OMH	4.63	4260.52	48	20
228	1	860	I	d	3	AY	var	var	I	350	UMH	9.25	3238.76	30	12
229	3	55	I	c	2	AY	yok	yok	I	780	OTC	4.27	3330.76	60	13
230	3	200	Y	b	1	YA	var	yok	I	130	OLK	3.33	432.38	48	3
231	4	175	I	c	2	AY	var	yok	K	920	KMH	5.77	5304.95	45	21
232	2	80	I	d	2	AY	yok	yok	K	450	OTC	6.02	2709.36	50	9
233	5	55	I	c	3	AY	yok	yok	K	910	OTC	4.82	4387.38	34	27
234	3	150	I	b	2	YA	var	yok	K	210	OLK	2.49	523.85	52	5
235	4	240	I	c	2	YA	yok	yok	K	340	OTS	6.01	2044.90	63	6
236	2	95	I	d	3	AY	yok	yok	I	860	OTC	7.15	6148.74	45	20
237	5	300	Y	c	1	AY	var	yok	K	790	OMH	6.59	5202.15	35	23
238	4	90	Y	b	2	AY	yok	yok	I	780	OTC	7.27	5667.95	43	19
239	1	95	Y	d	2	AY	yok	yok	K	280	OTC	6.95	1946.85	49	6
240	3	300	Y	c	1	YA	yok	yok	K	460	OTS	6.80	3129.84	69	7
241	2	70	I	b	1	AY	yok	yok	K	140	ELV	2.53	354.76	30	5
242	3	725	I	b	3	AY	yok	var	K	1430	OMH	14.22	20341.04	26	55
243	3	400	I	c	1	AY	yok	var	K	720	OMH	7.85	5650.56	33	22
244	5	130	I	d	1	AY	var	yok	I	170	KMH	4.43	753.83	49	4
245	4	895	I	c	3	AY	var	var	I	860	UMH	11.59	9967.62	23	38
246	5	1350	I	d	3	YA	var	yok	I	370	UMH	18.66	6903.09	14	27
247	4	975	I	d	3	YA	yok	var	K	1450	UMH	12.63	18308.06	20	73
248	3	460	I	d	3	AY	yok	var	I	240	OMH	9.03	2166.05	30	8
249	3	1105	I	b	3	AY	yok	var	I	1080	UMH	13.38	14452.07	17	64
250	1	100	I	c	3	YA	yok	var	K	205	OLK	1.86	380.35	62	4
251	4	360	I	c	1	YA	yok	yok	K	640	IG	15.47	9900.29	19	34

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
252	4	200	I	d	3	YA	yok	yok	K	780	OTS	5.01	3909.36	66	12
253	2	400	I	d	1	AY	yok	yok	K	360	OTS	8.34	3003.84	66	6
254	5	95	I	b	2	AY	yok	yok	I	480	OTC	8.33	3997.30	32	15
255	1	125	I	c	1	AY	yok	yok	K	740	OTS	2.41	1782.48	93	8
256	3	380	I	d	1	AY	yok	var	I	1200	OMH	7.46	8946.72	32	38
257	5	360	I	b	1	YA	yok	yok	K	340	IG	13.73	4668.34	22	16
258	2	170	I	b	3	YA	yok	var	K	370	OLK	2.93	1083.14	49	8
259	3	55	I	b	3	AY	yok	yok	K	345	ELV	2.11	728.64	26	14
260	5	125	I	d	2	AY	var	var	K	380	KMH	4.26	1620.23	52	8
261	4	110	K	c	2	AY	yok	yok	I	640	OTC	8.88	5684.10	41	16
262	3	550	I	d	3	YA	yok	yok	I	760	OTS	12.47	9480.24	38	20
263	1	1105	I	d	3	AY	var	yok	K	220	UMH	11.89	2615.76	21	11
264	2	250	I	c	1	YA	yok	yok	K	570	IG	11.70	6667.58	16	36
265	1	340	I	c	1	YA	yok	var	K	820	OLK	6.31	5172.81	28	30
266	4	50	I	b	3	AY	yok	yok	K	180	ELV	2.10	378.00	25	8
267	3	790	I	c	3	AY	var	var	K	1700	OMH	15.50	26349.66	23	74
268	2	925	I	d	2	YA	var	yok	K	750	UMH	10.41	7804.69	24	32
269	1	250	Y	d	3	AY	var	yok	I	650	KMH	7.09	4610.13	39	17
270	1	275	I	b	3	AY	yok	yok	K	350	OTS	5.30	1854.74	74	5
271	2	150	I	b	3	YA	yok	yok	K	680	IG	7.02	4772.58	21	33
272	5	850	I	d	3	AY	yok	yok	K	490	UMH	11.75	5756.03	26	19
273	4	75	I	b	1	AY	yok	yok	K	300	ELV	3.15	945.00	21	15
274	1	350	I	d	2	YA	var	var	K	380	OMH	5.92	2250.36	35	11
275	3	270	K	d	1	YA	var	yok	K	1010	OMH	5.30	5350.37	41	25
276	5	1040	I	b	3	AY	var	var	I	920	UMH	14.37	13222.98	19	49
277	2	350	I	c	3	YA	yok	yok	I	440	IG	16.38	7205.66	12	37
278	3	80	K	b	1	AY	yok	yok	K	240	ELV	3.07	737.28	20	12
279	4	210	I	c	2	AY	var	var	K	750	KMH	6.92	5189.63	44	18

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
280	4	160	I	c	3	YA	var	var	I	670	OLK	2.48	1664.82	60	12
281	3	180	I	d	3	AY	var	yok	K	600	KMH	5.73	3436.56	49	13
282	3	75	I	c	2	AY	yok	yok	I	620	OTC	5.82	3610.26	53	12
283	3	50	I	b	1	AY	yok	yok	I	180	ELV	1.92	345.60	27	7
284	2	300	I	c	1	AY	yok	yok	I	410	OTS	6.26	2565.78	72	6
285	4	410	I	c	1	YA	yok	yok	K	540	IG	17.62	9513.56	17	32
286	5	980	I	d	1	YA	yok	yok	I	280	UMH	13.54	3792.21	20	14
287	2	325	Y	d	2	AY	yok	yok	K	370	OTS	6.78	2508.42	72	6
288	1	150	Y	c	1	AY	var	yok	I	450	KMH	4.26	1914.98	44	11
289	3	540	I	c	1	AY	yok	var	I	620	OMH	10.59	6568.78	29	22
290	1	275	I	d	1	AY	yok	var	I	410	KMH	7.80	3198.72	37	12
291	3	250	I	c	1	YA	yok	var	K	160	OLK	4.16	665.20	38	5
292	5	760	I	b	3	YA	yok	yok	I	840	OMH	16.68	14012.88	31	28
293	4	140	I	c	1	AY	var	yok	I	390	KMH	4.61	1799.07	53	8
294	1	325	I	d	3	YA	yok	yok	K	350	OTS	6.26	2191.96	71	5
295	5	860	I	c	2	AY	var	yok	K	340	UMH	11.89	4040.97	23	15
296	2	350	I	d	3	AY	yok	yok	K	860	OTS	7.30	6278.86	74	12
297	3	70	Y	c	3	AY	yok	yok	K	690	OTC	5.43	3750.01	54	13
298	4	260	I	b	1	YA	yok	yok	I	290	IG	11.17	3239.94	21	14
299	2	510	I	d	1	YA	var	var	K	420	OMH	9.10	3823.47	28	15
300	4	90	I	b	2	AY	yok	yok	I	240	ELV	3.78	907.20	18	14
301	2	150	I	b	1	AY	var	yok	I	500	KMH	4.55	2277.00	45	12
302	3	75	I	b	3	AY	yok	yok	K	720	OTC	5.82	4192.56	52	14
303	2	395	I	c	3	AY	var	yok	K	630	OMH	7.05	4441.97	32	20
304	3	200	I	b	2	YA	yok	yok	K	750	OTS	4.54	3402.00	80	10
305	4	80	I	b	3	AY	yok	yok	K	480	OTC	6.46	3100.42	35	14
306	1	150	I	b	1	YA	yok	yok	K	375	IG	7.23	2712.94	18	21
307	2	860	I	d	2	YA	var	yok	I	450	UMH	9.68	4353.75	27	17

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
308	3	125	K	b	3	YA	yok	yok	I	630	OLK	2.08	1309.61	56	12
309	5	75	I	c	3	AY	yok	yok	K	880	OTC	6.57	5785.56	31	29
310	1	325	I	c	2	AY	yok	yok	K	620	OTS	6.26	3882.91	73	9
311	2	75	I	d	1	AY	yok	yok	I	180	OTC	5.64	1016.01	52	4
312	4	420	I	d	2	YA	yok	var	K	620	OMH	8.84	5481.42	34	19
313	3	1210	I	d	2	AY	var	var	I	460	UMH	14.65	6740.43	15	31
314	2	895	I	d	3	YA	yok	var	K	1410	UMH	10.07	14196.94	26	55
315	3	300	I	d	3	YA	var	var	I	1050	OMH	5.89	6180.30	38	28
316	5	350	I	b	3	YA	yok	yok	I	620	IG	13.35	8276.38	23	27
317	4	160	K	b	1	YA	yok	yok	K	750	IG	6.88	5156.40	23	33
318	4	230	I	c	3	YA	yok	yok	I	510	IG	9.88	5040.38	21	25
319	3	915	I	d	3	AY	yok	var	K	1240	UMH	11.08	13740.01	23	54
320	2	200	I	c	3	YA	yok	yok	K	390	IG	9.36	3649.62	18	22
321	2	340	I	b	3	YA	yok	var	K	480	OLK	5.85	2810.30	35	14
322	3	290	Y	b	3	YA	yok	var	K	860	OLK	4.82	4147.52	41	21
323	4	310	I	d	1	AY	yok	var	I	540	OMH	6.53	3523.77	34	16
324	2	175	I	b	1	YA	var	yok	I	450	OLK	2.72	1222.99	47	10
325	5	760	I	b	1	AY	var	var	K	240	OMH	16.68	4003.68	29	9
326	4	100	I	b	1	AY	yok	yok	K	225	ELV	4.20	945.00	17	14
327	4	200	I	d	2	AY	var	yok	K	820	KMH	6.59	5403.80	42	20
328	2	400	I	c	2	YA	var	var	K	360	OLK	6.89	2479.68	24	15
329	4	240	Y	d	3	YA	yok	var	K	640	OMH	5.05	3233.28	45	15
330	4	150	I	c	1	YA	yok	yok	K	680	IG	6.45	4382.94	24	29
331	2	90	I	c	2	AY	yok	yok	K	580	OTC	6.77	3928.57	45	13
332	5	860	I	d	3	YA	yok	yok	I	410	UMH	11.89	4872.93	23	18
333	3	370	I	d	1	YA	yok	yok	K	850	OTS	8.39	7132.86	67	13
334	3	220	I	b	1	YA	yok	yok	K	760	OTS	4.99	3792.10	65	12
335	3	160	Y	b	2	YA	yok	var	I	680	OLK	2.66	1809.34	55	13

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
336	5	730	Y	b	3	AY	yok	yok	I	960	OMH	16.02	15382.56	29	34
337	5	820	I	d	2	AY	var	yok	K	620	UMH	11.33	7026.09	26	24
338	4	60	I	b	3	AY	yok	yok	K	205	ELV	2.52	516.60	23	9
339	2	200	I	d	3	AY	yok	yok	K	780	OTS	4.17	3254.16	78	10
340	1	105	I	d	3	AY	yok	yok	K	800	OTC	7.68	6147.96	47	18
341	3	90	I	b	2	YA	yok	var	I	460	OLK	1.40	642.94	64	8
342	5	350	I	c	3	AY	var	yok	K	620	OMH	7.68	4763.15	34	19
343	1	250	I	d	3	AY	var	yok	I	390	KMH	7.09	2766.08	37	11
344	2	125	I	d	1	AY	var	var	K	350	KMH	3.80	1328.25	52	7
345	3	40	I	b	2	AY	yok	yok	K	165	ELV	1.54	253.44	33	5
346	2	95	I	b	3	AY	yok	yok	I	165	ELV	3.44	567.44	28	6
347	3	160	I	d	3	AY	yok	yok	I	380	KMH	5.09	1934.66	56	7
348	3	700	I	d	2	AY	var	var	I	850	OMH	13.73	11673.90	25	34
349	3	530	K	c	2	YA	yok	yok	K	680	OTS	12.02	8173.87	38	18
350	4	80	I	b	2	AY	yok	yok	K	120	ELV	3.36	403.20	19	7
351	4	400	I	c	1	AY	yok	var	K	920	OMH	8.42	7746.40	32	29
352	1	125	I	c	3	YA	var	yok	I	920	OLK	2.32	2133.69	62	15
353	4	280	I	d	1	AY	var	var	K	620	KMH	9.23	5720.12	38	17
354	2	125	K	d	2	AY	yok	yok	K	450	OTS	2.61	1173.38	86	6
355	5	100	I	b	1	AY	yok	yok	K	710	OTC	8.77	6223.86	32	23
356	3	885	I	d	2	YA	var	var	I	730	UMH	10.72	7823.67	25	30
357	2	150	I	b	1	YA	yok	yok	I	480	IG	7.02	3368.88	20	24
358	2	180	I	d	3	YA	yok	yok	I	800	OTS	3.75	3003.84	70	12
359	4	325	Y	b	2	YA	yok	yok	K	380	IG	13.97	5306.80	20	19
360	4	350	I	b	2	YA	yok	yok	I	540	IG	15.04	8121.33	18	30
361	5	610	I	b	3	YA	yok	yok	K	620	OMH	13.39	8301.49	34	19
362	2	75	I	b	3	AY	yok	yok	K	720	OTC	5.64	4064.04	53	14
363	1	300	I	d	3	YA	var	var	I	790	OMH	5.08	4010.04	38	21

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
364	1	325	I	b	2	YA	yok	yok	K	435	IG	15.67	6818.52	14	32
365	3	1095	Y	b	3	AY	var	yok	K	940	UMH	13.26	12464.82	17	56
366	2	280	Y	b	1	YA	var	var	K	350	OLK	4.82	1687.56	35	10
367	1	270	Y	b	2	YA	var	yok	K	960	OLK	4.19	4025.38	34	29
368	4	175	Y	d	1	AY	yok	yok	I	480	KMH	5.77	2767.80	44	11
369	3	370	Y	d	1	YA	yok	var	K	340	OMH	7.26	2468.20	33	11
370	2	120	Y	b	3	AY	yok	yok	I	790	OTC	9.03	7134.65	41	20
371	3	200	Y	d	3	YA	var	var	K	190	OMH	3.92	745.56	52	4
372	3	240	I	b	1	YA	yok	yok	I	850	OTS	5.44	4626.72	66	13
373	4	250	I	d	1	AY	yok	yok	K	710	KMH	8.24	5848.63	37	20
374	4	180	I	d	3	YA	yok	yok	K	880	OTS	4.51	3969.50	68	13
375	5	85	I	b	2	AY	yok	yok	K	255	ELV	3.91	997.05	17	15
376	5	240	I	d	1	YA	yok	var	K	880	OMH	5.27	4635.84	50	18
377	5	825	I	d	2	AY	yok	var	K	640	UMH	11.40	7296.96	26	25
378	5	350	I	c	3	AY	var	var	K	1210	OMH	7.68	9295.83	38	32
379	5	320	Y	d	1	AY	var	yok	K	640	OMH	7.02	4495.36	42	16
380	5	825	Y	b	1	AY	yok	yok	I	920	UMH	11.40	10489.38	26	36
381	3	110	I	d	3	AY	yok	yok	K	370	OTC	8.54	3159.95	42	9
382	1	330	I	c	2	YA	yok	var	K	790	OLK	5.12	4048.67	27	30
383	1	225	I	d	3	AY	yok	yok	I	1200	KMH	6.38	7659.90	43	28
384	4	340	I	d	3	AY	yok	var	K	620	OMH	7.16	4437.34	36	18
385	5	805	I	d	3	AY	var	yok	K	380	UMH	11.13	4227.54	26	15
386	2	870	I	d	3	YA	var	yok	I	730	UMH	9.79	7144.88	26	29
387	4	40	I	b	2	AY	yok	yok	K	240	ELV	1.68	403.20	30	8
388	2	240	K	b	1	AY	var	yok	K	350	KMH	7.29	2550.24	38	10
389	4	240	I	c	1	YA	yok	yok	I	505	IG	10.31	5207.96	20	26
390	2	120	I	c	2	AY	yok	yok	K	450	OTC	9.03	4064.04	40	12
391	1	275	I	d	1	AY	yok	var	K	1800	KMH	7.80	14043.15	38	48

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m³	BÇ Yöntem	\$/m³	\$	m³/gün	Gün
392	1	125	K	c	2	YA	yok	yok	K	670	OTS	2.41	1613.86	90	8
393	1	25	I	b	3	AY	yok	yok	K	205	ELV	0.88	179.38	45	5
394	3	535	I	c	2	YA	yok	var	K	340	OMH	10.50	3568.88	27	13
395	2	320	I	c	3	AY	yok	yok	K	600	OTS	6.68	4005.12	70	9
396	2	805	I	d	1	YA	yok	var	I	500	UMH	9.06	4528.13	34	15
397	2	240	I	b	3	YA	yok	yok	I	620	IG	11.23	6962.35	16	39
398	3	600	K	c	3	AY	yok	var	I	820	OMH	11.77	9653.04	28	30
399	4	160	I	c	1	YA	yok	yok	K	650	IG	6.88	4468.88	24	28
400	2	220	I	c	1	YA	yok	yok	K	400	OTS	4.59	1835.68	76	6
401	1	150	I	d	2	YA	yok	yok	K	930	OTS	2.89	2688.17	82	12
402	5	190	I	b	3	AY	yok	yok	K	790	KMH	6.48	5119.91	41	20
403	2	85	Y	c	1	AY	yok	yok	I	250	OTC	6.40	1599.28	50	5
404	1	80	I	c	3	AY	yok	yok	I	640	OTC	5.86	3747.33	52	13
405	1	275	I	d	2	AY	var	yok	I	800	KMH	7.80	6241.40	35	23
406	3	820	I	c	1	YA	var	yok	K	420	UMH	9.93	4170.68	29	15
407	2	110	I	d	3	AY	yok	yok	K	760	OTC	8.28	6291.74	43	18
408	1	300	I	b	1	YA	var	yok	I	120	OLK	5.57	667.94	28	5
409	3	420	I	b	2	YA	yok	yok	I	460	IG	18.95	8719.12	15	31
410	2	420	K	c	2	YA	var	yok	K	670	OLK	6.98	4679.68	21	32
411	4	270	I	d	1	AY	var	yok	K	640	KMH	8.90	5693.76	35	19
412	2	95	I	b	2	AY	yok	yok	I	300	OTC	7.15	2144.91	46	7
413	3	120	I	d	1	AY	yok	yok	I	320	OTC	9.32	2981.38	38	9
414	5	300	Y	c	1	AY	var	yok	I	1070	OMH	6.59	7045.95	38	29
415	4	540	Y	c	3	AY	var	var	K	1240	OMH	11.37	14095.08	29	43
416	2	220	Y	c	1	AY	yok	yok	I	450	OTS	4.59	2065.14	75	6
417	1	200	I	c	2	AY	yok	var	K	800	KMH	5.67	4539.20	45	18
418	3	270	I	d	2	YA	var	var	K	590	OMH	5.30	3125.47	47	13
419	5	65	I	b	1	AY	yok	yok	K	175	ELV	2.99	523.25	23	8

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
420	5	800	I	c	2	AY	var	var	K	880	OMH	17.56	15452.80	27	33
421	4	850	I	b	2	YA	var	var	K	480	UMH	11.01	5283.60	26	19
422	2	300	I	b	3	AY	var	yok	K	490	OMH	5.36	2623.95	35	14
423	4	425	I	d	2	YA	yok	yok	I	450	OTS	10.65	4792.73	38	12
424	3	55	I	b	2	AY	yok	yok	K	160	ELV	2.11	337.92	23	7
425	2	1050	I	d	1	YA	var	var	K	680	UMH	11.81	8032.50	19	36
426	1	140	K	b	3	YA	yok	var	K	680	OLK	2.60	1766.33	53	13
427	4	310	I	c	1	AY	var	yok	K	980	OMH	6.53	6394.99	36	28
428	2	925	I	d	2	AY	yok	var	I	700	UMH	10.41	7284.38	25	28
429	2	850	I	d	3	YA	var	var	I	840	UMH	9.56	8032.50	30	28
430	3	360	I	b	1	YA	yok	yok	K	480	OTS	8.16	3919.10	66	8
431	3	310	I	b	3	YA	yok	yok	K	760	OTS	7.03	5343.41	66	12
432	4	300	Y	c	2	YA	yok	yok	K	670	IG	12.89	8636.97	21	32
433	5	100	I	d	2	YA	var	yok	I	390	OMH	2.20	856.05	67	6
434	1	70	I	d	3	AY	yok	yok	I	640	OTC	5.12	3278.91	53	13
435	5	965	I	c	1	AY	var	yok	I	1300	UMH	13.34	17337.19	22	60
436	5	95	I	b	2	AY	yok	yok	K	170	ELV	4.37	742.90	16	11
437	4	50	I	b	3	AY	yok	yok	I	305	ELV	2.10	640.50	26	12
438	1	150	I	d	2	AY	yok	yok	K	700	OTS	2.89	2023.35	85	9
439	3	250	I	d	2	AY	yok	var	K	600	KMH	7.96	4773.00	41	15
440	3	60	K	b	1	AY	yok	yok	K	220	ELV	2.30	506.88	22	10
441	4	220	I	b	1	YA	yok	yok	K	570	IG	9.45	5388.44	20	29
442	5	110	I	d	1	YA	yok	yok	K	650	OMH	2.41	1569.43	65	10
443	2	250	I	d	1	AY	var	yok	I	720	KMH	7.59	5464.80	44	17
444	3	180	I	c	1	YA	yok	yok	K	430	IG	8.12	3493.06	23	19
445	1	200	I	b	1	YA	yok	yok	K	380	OTS	3.85	1464.52	76	5
446	2	340	Y	d	2	AY	yok	yok	K	740	OTS	7.09	5248.38	74	10
447	2	170	I	c	2	YA	yok	yok	K	470	OTS	3.55	1666.71	75	7

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
448	5	80	I	b	1	AY	var	yok	I	1020	KMH	2.73	2783.38	61	17
449	2	250	I	c	1	YA	yok	yok	K	540	IG	11.70	6316.65	15	36
450	3	35	I	b	1	AY	yok	yok	K	235	ELV	1.34	315.84	35	7
451	5	200	I	c	3	YA	yok	yok	I	320	IG	7.63	2440.96	26	13
452	5	150	I	c	3	YA	yok	yok	K	410	IG	5.72	2345.61	32	13
453	5	850	I	c	3	AY	yok	var	K	750	UMH	11.75	8810.25	25	30
454	5	75	I	c	2	AY	yok	yok	K	250	OTC	6.57	1643.63	32	8
455	5	880	I	c	3	AY	yok	yok	K	800	UMH	12.16	9729.28	24	34
456	5	500	I	c	2	YA	yok	yok	K	860	OMH	10.98	9438.50	47	19
457	5	1105	I	b	3	AY	yok	yok	I	640	UMH	15.27	9773.50	18	36
458	4	240	I	c	3	AY	var	yok	I	850	KMH	7.91	6721.80	40	22
459	4	75	K	c	3	AY	yok	yok	K	510	OTC	6.06	3088.31	43	12
460	5	400	I	c	3	AY	var	yok	I	780	OMH	8.78	6848.40	23	34
461	5	40	I	c	2	AY	yok	yok	K	340	OTC	3.51	1192.18	95	4
462	5	70	I	b	2	AY	yok	yok	K	200	ELV	3.22	644.00	20	10
463	5	65	I	c	2	AY	yok	yok	K	185	OTC	5.70	1054.11	85	3
464	5	40	Y	d	3	AY	yok	yok	I	620	OTC	3.51	2173.97	50	13
465	1	450	I	c	3	YA	yok	var	I	780	OLK	7.75	6044.22	21	38
466	4	300	I	c	3	AY	yok	var	I	650	OMH	6.32	4104.75	39	17
467	4	450	I	c	3	YA	yok	yok	I	560	OLK	6.99	3913.56	29	20
468	4	65	Y	c	3	AY	yok	yok	I	710	OTC	5.25	3726.15	48	15
469	5	400	I	c	3	AY	var	yok	K	1500	OMH	8.78	13170.00	51	30
470	5	170	I	c	3	YA	yok	yok	I	460	IG	6.48	2982.55	30	16
471	5	250	I	c	3	AY	var	var	K	490	KMH	8.53	4178.48	37	14
472	5	70	I	c	3	AY	yok	yok	K	460	OTC	6.14	2822.65	62	8
473	5	400	I	c	3	AY	var	yok	I	1420	OMH	8.78	12467.60	54	27
474	5	800	I	c	3	AY	yok	var	I	1030	OMH	17.56	18086.80	28	37
475	4	120	Y	d	3	AY	yok	yok	I	530	OTC	9.69	5135.06	40	14

EK Tablo 5 (devam). Karar Ağacı Veri Setini Oluşturan Eğitim ve Test Verileri

	Eğim	Taşıma/ Sürütme Mesafesi	Ağaç Türü	Çağ	Kapalılık	Taşıma/Sürütme Yönü	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	Toplam Çıkarılacak Ürün Miktarı	KARAR	Birim Maliyet	Üretim Maliyeti	Günlük Ort. Üretim	İşin Süresi
#	1: 0-10 2:11-20 3:21-33 4:34-50 5: >51	(m)	I: İbrelili Y: Yapraklı K: Karışık	b, c, d	1, 2, 3	AY: Aşağıdan Yukarı YA: Yukarıdan Aşağı	Sürütme Engeli var/yok	Sürütme Engeli var/yok	K: Kuru I: Islak	m ³	BÇ Yöntem	\$/m ³	\$	m ³ /gün	Gün
476	4	225	I	c	3	AY	yok	var	K	800	KMH	7.41	5931.00	40	20
477	5	180	I	c	2	YA	yok	yok	I	330	IG	6.87	2265.52	27	13
478	5	200	I	c	2	AY	var	var	K	1250	KMH	6.82	8527.50	43	30
479	5	750	I	c	3	YA	yok	yok	I	1005	OMH	16.46	16544.81	30	34
480	5	150	I	c	3	YA	yok	yok	I	400	IG	5.72	2288.40	31	13
481	1	450	I	c	3	YA	yok	var	K	1050	OLK	8.35	8766.70	20	53
482	5	270	I	c	2	AY	var	yok	K	350	KMH	9.21	3223.40	35	10
483	5	250	I	c	2	YA	yok	yok	K	520	IG	9.54	4958.20	23	23
484	5	850	I	c	3	AY	var	yok	K	850	UMH	11.75	9984.95	27	32
485	5	550	I	c	2	AY	var	var	K	450	OMH	12.07	5432.63	45	10
486	3	70	Y	c	3	AY	yok	yok	K	600	OTC	5.43	3260.88	55	11
487	5	250	I	c	3	AY	var	yok	K	390	KMH	8.53	3325.73	43	10
488	5	750	I	c	2	YA	var	var	I	460	OMH	16.46	7572.75	32	15
489	5	85	I	c	3	AY	yok	yok	K	620	OTC	7.45	4619.68	40	16
490	5	150	I	c	3	AY	var	yok	K	890	KMH	5.12	4553.69	48	19
491	5	750	I	c	3	YA	yok	var	K	730	OMH	16.46	12017.63	35	21
492	4	55	Y	d	3	AY	yok	yok	K	230	OTC	4.44	1021.36	56	5
493	5	200	I	c	3	YA	yok	yok	I	190	IG	7.63	1449.32	25	8
494	5	500	I	c	3	AY	var	var	K	450	OMH	10.98	4938.75	45	10
495	5	550	I	c	3	AY	var	var	I	510	OMH	12.07	6156.98	42	13
496	4	100	Y	c	3	AY	yok	yok	I	150	OTC	8.07	1211.10	41	4
497	5	150	I	c	2	AY	yok	var	I	1400	KMH	5.12	7163.10	43	33
498	5	850	I	c	3	AY	yok	yok	I	910	UMH	11.75	10689.77	25	37
499	5	860	I	c	3	AY	var	yok	K	380	UMH	11.89	4516.38	26	15
500	5	250	I	c	3	AY	var	var	K	680	KMH	8.53	5798.70	40	17

Ek Tablo 6. Kontrol Arazilerine Ait Verilerin Modele Göre Sonuçları

#	İşletme Şefliği	Bölme No	Danga Adedi (Bölme)	Danga Miktarı (m³)	Kesim Nevi	Meşcere	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapallık	BÇ Yönü	Bölmecik Etası	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim Sınıfı	Karar Ağacı Yöntem Seçimi	Plandaki Bölmecik Etası (m³)	Plandaki Bölme Etası (m³)
1	Artvin	78	1201	1230.7	Bakım	LGcd3	41	527	İ	c	3	AY	1231	yok	var	K	4	OMH	1722	1722
2		100	382	628.4	Olağanüstü	LKnd2	61	338	K	d	2	AY	628	yok	var	K	5	OMH	628	628
3	Çoruh	21	991	1033.6	Bakım	Lbc3	54	368	İ	b	3	YA	486	yok	yok	K	5	OMH	561	1193
4					Bakım	ÇsLbc3	60	294	İ	b	3	YA	55	yok	yok	K	5	İG	63	
5					Bakım	ÇsLcd3	24	206	İ	c	3	AY	130	yok	yok	K	3	KMH	150	
6					Bakım	ÇsLcd3	24	324	İ	c	3	YA	127	yok	yok	K	3	İG	147	
7					Bakım	Çscd2	38	432	İ	c	2	AY	71	yok	yok	K	4	OMH	82	
8					Bakım	Çsb3	37	300	İ	b	3	AY	21	yok	yok	K	4	OMH	24	
9		40	1245	1292.2	Bakım	Çsbc2	58	483	İ	b	2	YA	187	yok	yok	K	5	İG	203	1399
10					Bakım	Çsc3	55	203	İ	c	3	YA	440	yok	yok	K	5	İG	476	
11					Bakım	Çsc3	37	301	İ	c	3	YA	177	yok	yok	K	4	İG	192	
12					Bakım	ÇsLcd3	53	298	İ	c	3	YA	355	yok	yok	K	5	İG	384	
13					Bakım	Çsc3	34	203	İ	c	3	YA	133	yok	yok	K	4	İG	144	
14					Bakım	Çsc3	42	252	İ	c	3	AY	314	yok	yok	K	4	KMH	414	
15		122	822	1033.2	Bakım	Çsc2	56	466	İ	c	2	YA	206	yok	yok	K	5	İG	272	1363
16					Bakım	Çscd2	52	329	İ	c	2	AY	36	yok	yok	K	5	OMH	48	
17					Bakım	ÇsLbc2	68	436	İ	b	2	YA	75	yok	yok	K	5	İG	99	
18					Bakım	GLcd2	68	281	İ	c	2	AY	202	yok	yok	K	5	KMH	266	
19		146	564	825.4	Bakım	ÇsLcd3	68	761	İ	c	3	YA	825	yok	yok	K	5	OMH	765	765
20		157	431	652.2	Bakım	ÇsLcd3	50	297	İ	c	3	YA	118	yok	yok	K	4	İG	126	695
21					Bakım	GLcd3	64	311	İ	c	3	AY	507	yok	yok	K	5	OMH	540	
22					Bakım	ÇsMzbc2	63	111	İ	b	3	YA	27	yok	yok	K	5	İG	29	
23					Bakım	LKncd3	57	311	K	c	3	YA	1840	yok	yok	I	5	OMH	1692	2304
24	Deriner	53	265	569.1	Bakım	LKncd3	58	316	K	c	3	AY	318	yok	yok	I	5	OMH	511	914
25		107	328	453.2	Bakım	KGncd3	55	350	K	c	3	YA	453	yok	yok	I	5	İG	453	453

Ek Tablo 6 (devam). Kontrol Arazilerine Ait Verilerin Modele Göre Sonuçları

#	İşletme Şefliği	Bölme No	Damga Adedi (Bölme)	Damga Miktarı (m ³)	Kesim Nevi	Meşcere	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapallık	BÇ Yöntü	Bölmecik Etası	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim Sınıfı	Karar Ağacı Yöntem Seçimi	Plandaki Bölmecik Etası (m ³)	Plandaki Bölme Etası (m ³)
26	Madenler	154	770	1031.1	Bakım	Lbc3	57	375	İ	b	3	AY	403	yok	yok	K	5	OMH	410	1050
27		155	1191	1598.2	Bakım	ÇsLbc3	71	800	İ	b	3	YA	723	yok	yok	K	5	OMH	710	1569
28					Bakım	Çscd2	60	552	İ	c	2	YA	305	yok	yok	K	5	İG	299	
29		164	478	818.0	Bakım	Çscd3	38	301	İ	c	3	YA	818	yok	yok	K	4	OTS	747	747
30					Bakım	Çscd3	48	603	İ	c	3	YA	789	yok	yok	K	4	OTS	598	1288
31		167	795	1699.5	Bakım	Çscd2	46	712	İ	c	2	YA	493	yok	yok	K	4	OTS	374	
32	Ortaköy	166	693	1650.1	Bakım	GLcd3	55	488	İ	c	3	YA	1612	yok	var	K	5	OLK	1137	1164
33		178	213	617.2	Bakım	KnGcd3	69	745	K	c	3	YA	617	yok	var	I	5	OMH	420	420
34		220	348	556.3	Bakım	GLcd3	61	344	İ	c	3	AY	556	yok	yok	K	5	OMH	368	368
35		221	300	393.1	Bakım	ÇsGcd2	52	267	İ	c	2	AY	337	yok	yok	K	5	KMH	265	309
36		323	311	401.4	Bakım	LGbc3	66	645	İ	b	3	AY	401	yok	yok	K	5	OMH	334	334
37		324	283	535.1	Bakım	GLcd3	68	497	İ	c	3	YA	535	yok	yok	K	5	OMH	457	457
38	Saçinka	10	577	725.4	Bakım	LÇsc3	37	436	İ	c	3	AY	621	yok	yok	K	4	OMH	764	893
39		11	367	544.7	Bakım	LÇscd3	38	258	İ	c	3	YA	313	yok	yok	K	4	İG	330	575
40					Bakım	LKnd2	64	335	K	d	2	YA	502	yok	var	K	5	OMH	435	1094
41		140	455	1263.2	Bakım	LGcd3	56	852	İ	c	3	YA	341	yok	yok	K	5	OTS	295	
42					Bakım	KnGcd3	59	614	K	c	3	YA	420	yok	var	K	5	OMH	364	1028
43					Bakım	LGcd3	51	595	İ	c	3	AY	1029	yok	yok	K	5	OMH	1028	
44		161	540	1370.5	Bakım	LGcd2	67	237	İ	c	2	YA	216	yok	yok	K	5	İG	216	1369
45					Bakım	KnLb3	70	216	K	b	3	YA	53	yok	var	K	5	OLK	53	
46		162	394	578.0	Bakım	LGc3	43	176	İ	c	3	YA	578	yok	yok	K	4	OTS	588	588
47					Bakım	Kncd3	52	544	Y	c	3	YA	422	yok	var	K	5	OMH	554	1072
48		173	397	817.3	Bakım	Knd3	50	404	Y	d	3	YA	281	yok	var	K	5	OMH	368	
49					Bakım	GKncd3	52	413	K	c	3	AY	642	yok	var	K	5	OMH	558	824
50		189	305	947.6	Bakım	GLd3	54	231	İ	d	3	YA	306	yok	yok	K	5	İG	266	

Ek Tablo 6 (devam). Kontrol Arazilerine Ait Verilerin Modele Göre Sonuçları

#	İşletme Şefliği	Bölme No	Damga Adedi (Bölme)	Damga Miktarı (m ³)	Kesim Nevi	Meşcere	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapallık	BÇ Yöntü	Bölmecik Etası	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim Sınıfı	Karar Ağacı Yöntem Seçimi	Plandaki Bölmecik Etası (m ³)	Plandaki Bölme Etası (m ³)
51	Taşlıca	11		718.2	Tensil	ÇsLcd2/0a	59	217	İ	c	2	YA	718	yok	var	K	5	OMH	718	718
52		37		677.3	Tensil	LGd2/0a	45	516	İ	d	2	AY	677	var	var	I	4	OMH	677	677
53		41	537	1398.3	Bakım	Lcd3	54	152	İ	c	3	AY	144	var	var	I	5	KMH	184	1787
54					Bakım	GLcd3	62	406	İ	c	3	AY	953	var	var	I	5	OMH	1218	
55					Bakım	Lcd3	62	718	İ	c	3	YA	250	yok	var	I	5	OMH	320	
56					Bakım	Lbc3	58	359	İ	b	3	YA	51	var	var	I	5	OLK	65	
57					Bakım	LGcd3	59	256	İ	c	3	AY	832	var	var	K	5	OMH	1088	
58		43	857	1089.6	Bakım	ÇsLcd3	59	200	İ	c	3	YA	258	yok	var	K	5	OLK	337	1425
59		48	4700	2512.1	Bakım	LGcd3	31	439	İ	c	3	YA	2500	var	var	I	3	OLK	1673	1681
60		49	1782	568.1	Bakım	LGcd3	26	235	İ	c	3	YA	568	yok	var	I	3	OLK	490	490
61		55	1173	160.1	Bakım	LGbc3	45	433	İ	b	3	YA	160	var	var	K	4	OLK	123	123
62		56		2308.0	Bakım	LGbc3	38	429	İ	b	3	YA	2308	yok	var	I	4	OLK	1800	1800
63	Tütüncüler	34	454	942.1	Bakım	LKnCd3	39	316	K	c	3	AY	836	var	var	I	4	OMH	824	929
64					Bakım	KnKscd2	56	475	Y	c	2	AY	85	var	var	I	5	OMH	84	
65					Bakım	KnLcd2	48	217	K	c	2	AY	21	var	var	I	4	KMH	21	
66		35	300	991.1	Bakım	KnLcd3	28	197	K	c	3	YA	242	var	var	I	3	OLK	192	785
67					Bakım	Ld3	36	426	İ	d	3	AY	692	var	var	I	4	OMH	548	
68					Bakım	KnLcd2	47	217	K	c	2	AY	37	var	var	I	4	KMH	29	
69		49	230	700.1	Bakım	Lcd3	73	477	İ	c	3	AY	629	var	var	I	5	OMH	502	559
70					Bakım	Ld2	32	154	İ	d	2	YA	35	var	var	I	3	OMH	28	
71		50	2069	3272.1	Bakım	Lcd3	36	419	İ	c	3	YA	2938	var	var	I	4	OLK	2660	2963
72					Bakım	KnLcd3	38	288	K	c	3	YA	256	var	var	I	4	OLK	232	
73					Bakım	LÇscd2	35	361	İ	c	2	YA	64	var	var	I	4	OLK	58	
74		63	362	1210.1	Tensil	LKnCd2/0a	31	591	K	d	2	AY	1210	var	var	I	3	OMH	1210	1210

Ek Tablo 6 (devam). Kontrol Arazilerine Ait Verilerin Modele Göre Sonuçları

#	İşletme Şefliği	Bölme No	Damga Adedi (Bölme)	Damga Miktarı (m ³)	Kesim Nevi	Meşcere	Eğim (%)	Maksimum Taşıma/Sürütme Mesafesi (m)	Ağaç Türü	Çağ Sınıfı	Kapalılık	BÇ Yöntü	Bölmecik Etası	Arazi Engeli	Diri Örtü	Zemin Durumu	IUFRO Eğim Sınıfı	Karar Ağacı Yöntem Seçimi	Plandaki Bölmecik Etası (m ³)	Plandaki Bölme Etası (m ³)
75	Zeytinlik	5	366	596.3	Bakım	KnLcd3	54	397	K	c	3	YA	24	yok	yok	K	5	İG	76	1851
76					Bakım	Lcd3	45	342	İ	c	3	AY	303	var	yok	K	4	OMH	940	
77					Bakım	LKnCd3	43	138	K	c	3	AY	269	yok	var	K	4	KMH	835	
78		15	122	508.7	Olağanüstü	LKnCd3	58	416	K	c	3	YA	462	yok	yok	K	5	OTS	1189	1310
79		19	446	559.3	Bakım	KnLcd3	27	166	K	c	3	AY	252	yok	var	I	3	KMH	667	1483
80					Bakım	LKnCd3	55	283	K	c	3	AY	207	yok	var	K	5	KMH	550	
81		23	990	2062.9	Bakım	Knc3	42	311	Y	c	3	YA	297	yok	yok	I	4	İG	276	1919
82					Bakım	LKnCd3	45	530	K	c	3	AY	1205	yok	var	I	4	OMH	1121	
83					Bakım	LGcd3	43	549	İ	c	3	YA	507	var	yok	K	4	OMH	472	

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa ACAR, ilköğrenimini Belediye İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2003 yılında Taşköprü Lisesi'nde tamamladı. 2004-2005 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2011 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. Daha sonra Şubat 2013 yılında Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Yüksek Lisans öğrenimine Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda devam etti ve 2017 yılı Ekim ayın Yüksek Mühendis unvanı alarak mezun oldu. 2018 yılı Bahar yarıyılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Odun Hammaddesi Bölmeden Çıkarma Yönteminin Tahmininde Karar Ağaçları Modelinin Kullanılması" konulu Doktora tezi eğitimine başladı. Evli ve 2 çocuğu olan ACAR halen Artvin Çoruh Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.