

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN YOLLARININ FONKSİYONEL DURUMA BAĞLI ETKİNLİK
SKORUNUN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Taha Yasin HATAY

MAYIS 2024

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN YOLLARININ FONKSİYONEL DURUMA BAĞLI ETKİNLİK
SKORUNUN BELİRLENMESİ

Taha Yasin HATAY

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 / 04 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 07 / 05 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Orman Yollarının Fonksiyonel Duruma Bağlı Etkinlik Skorunun Belirlenmesi” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışması TÜBİTAK 1002-A Programı kapsamında 1220785 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Doktora tezimin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, bu güncel ve özgün tez konusunun seçilmesi, çalışmanın planlanması ve bitimine kadar her aşamasında destek ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren, bilgilerinden sürekli istifade ettiğim, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli fikirlerinden her zaman yararlandığım ve bana her konuda destek olan Sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY’a, Sayın Prof. Dr. Murat DEMİR’e, Tez izleme komitesi üyesi olan Sayın Prof. Dr. Erhan ÇALIŞKAN’a ve Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER’e teşekkür ederim.

Tez döneminde çalışmam ile ilgili maddi ve manevi desteklerini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Zafer YÜCESAN’a, Sayın Prof. Dr. Bülent TURGUT’a ve Sayın Doç. Dr. M. Mahmut BAYRAMOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

Tez dönemi boyunca manevi destekleri ve değerli görüşleriyle her zaman yanımda olan değerli gönüldaşım Arş. Gör. Sümeyra Büşra ŞENGÜL’e, kadim dostlarım, kardeşlerim ve meslektaşlarım Arş. Gör. Zübeyir ÖZCAN’a, Arş. Gör. Gizem MISIRLIOĞLU’na, Arş. Gör. Alper Tunga AKIN’a, Arazi ve tez çalışmalarında desteklerini eksik etmeyen Orm. Müh. Cemal KALKAN’a, Halil KILIÇ’a, Orm. Müh. Enes AY’a ve Sinan SARUHAN’a teşekkürü borç bilirim.

Son olarak bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan başta babam Op. Dr. M. Ali HATAY’a, annem Emine RAKICIOĞLU HATAY’a, sevgili kardeşlerim R. Abdullah HATAY’a ve R. Zeyneb HATAY’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Taha Yasin HATAY

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Orman Yollarının Fonksiyonel Duruma Bağlı Etkinlik Skorunun Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, 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. 07/05/2024

Taha Yasin HATAY

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. Türkiye’de Yol Kavramı	3
1.2. Geçmişten Günümüze Türkiye’de Orman Yolları	4
1.2.1. Türkiye’de 1937 ile 1963 Yılları Arasında Orman Yolları.....	5
1.2.2. Türkiye’de 1964 ile 2009 Yılları Arasında Orman Yolları.....	5
1.2.3. Türkiye’de 2009 ile Günümüz Arasında Orman Yolları	6
1.3. Türkiye’de Orman Yollarının Tipi ve Standartları.....	9
1.4. Orman Yollarının Olumlu ve Olumsuz Özellikleri	10
1.5. Etkinlik Kavramı	16
1.6. VZA ve Girdiye Yönelik Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) Modeli	18
1.7. Yapay Sinir Ağlarına Genel Bakış	24
1.8. Literatür Özeti	26
1.9. Çalışmanın Amacı ve Özgün Değeri.....	30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	32
2.1. Materyal.....	32
2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı	32
2.1.2. Veri Kaynakları.....	35
2.1.3. CBS ve ArcGIS	36
2.1.4. ArcPy ve Modelbuilder	36
2.1.5. Leaflet ve Online Haritalama	38
2.2. Yöntem	38
2.2.1. Araştırmanın Tasarımı	38

2.2.2.	Ekolojik, Ekonomik, Sosyal ve Teknik Senaryoların Oluşturulması	40
2.2.3.	Arazi Çalışması	57
2.2.4.	Average Nearest Neighbor Yöntemi	58
2.2.5.	Ekolojik Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli.....	59
2.2.6.	Ekonomik Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli.....	66
2.2.7.	Sosyal Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli.....	70
2.2.8.	Teknik Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli	75
2.2.9.	Senaryo Verilerinin Ölçeklendirilmesi, Kısıtlanması ve Normalizasyonu	76
2.2.10.	Arcmap ile Veri Zarflama Analizi Entegrasyonu	85
2.2.11.	Etkinlik Skorları ile Web Harita Entegrasyonu	89
2.2.12.	VZA Performansının Analiz Edilmesi	91
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	95
3.1.	Ekolojik Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular.....	95
3.1.1.	Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler	95
3.1.2.	Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi.....	97
3.1.3.	Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri.....	100
3.1.4.	Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri.....	100
3.1.5.	Ekolojik Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması	102
3.2.	Ekonomik Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular.....	104
3.2.1.	Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler	104
3.2.2.	Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi.....	107
3.2.3.	Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri.....	108
3.2.4.	Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri.....	110
3.2.5.	Ekonomik Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması	112
3.3.	Sosyal Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular.....	113
3.3.1.	Sosyal Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler	113
3.3.2.	Sosyal Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi.....	116
3.3.3.	Sosyal Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri.....	117
3.3.4.	Sosyal Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri.....	120
3.3.5.	Sosyal Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması	121
3.4.	Teknik Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular	122

3.4.1. Teknik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler.....	122
3.4.2. Teknik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi.....	124
3.4.3. Teknik Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri	127
3.4.4. Teknik Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri	127
3.4.5. Teknik Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması.....	130
3.5. Tüm Senaryolara Ait Skorlara İlişkin Bulgular ve Tartışma	131
3.6. Etkinlik Web Haritasına İlişkin Bulgular.....	135
3.7. VZA Performans Analizine İlişkin Bulgular.....	137
3.7.1. Her Senaryo İçin Değişkenlerin Ağırlıklarının Ortalamasına İlişkin Bulgular ve Tartışma	137
3.7.2. YSA kullanılarak Elde Edilen VZA Performansına Ait Bulgular	140
4. SONUÇ.....	145
5. ÖNERİLER.....	151
6. KAYNAKÇA.....	154
7. EKLER.....	175
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

ORMAN YOLLARININ FONKSİYONEL DURUMA BAĞLI ETKİNLİK SKORUNUN BELİRLENMESİ

Taha Yasin HATAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ
2024, 174 Sayfa, 29 Sayfa Ek

Ekosistem tabanlı olarak planlamanın yaygın olduğu günümüzde planlama ve uygulama çalışmaları ekolojik, ekonomik ve sosyal temeller doğrultusunda yapılmaktadır. Bu çalışmada, orman yollarının farklı senaryolarda girdiler ve çıktılar kullanılarak Veri Zarflama Analizi (VZA) ile etkinliklerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu planlama ve yapım sürecinin etkin olarak kullanımı hedeflenmektedir. Çalışma, Maçka Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 30 orman yolunda yapılmıştır. Ekolojik senaryo için 10 adet, ekonomik senaryo için 15 adet, sosyal senaryo için 9 adet ve teknik senaryo için 11 adet olmak üzere toplam 45 model tasarlanmıştır. Çalışma sonucunda ekolojik senaryoda 24 adet, ekonomik senaryoda 22 adet, sosyal senaryoda 14 adet ve teknik senaryoda 17 adet orman yolu etkin olarak bulunmuştur. Plancılar için kılavuz niteliğinde bir paket program ortaya konmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamaları için Python programlama ile program modülü oluşturulmuştur. Kullanıcı dostu arayüze sahip bir online harita ile çalışma desteklenmiş ve son kullanıcının kullanımına sunulmuştur. Bu çalışma konusuna bağlı olarak, orman yollarının planlanması ve inşaa süreci ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryolara uygun şekilde gerçekleştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Orman Yolları, Veri Zarflama Analizi, Python, CBS

PhD. Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY SCORE OF FOREST ROADS BASED ON FUNCTIONAL CONDITIONS

Taha Yasin HATAY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Selçuk GÜMÜŞ
2024, 174 Pages, 29 Pages Appendix

Today, when ecosystem-based planning is widespread, planning and implementation studies are carried out in line with ecological, economic and social functions. In this study, it is aimed to measure the efficiency of forest roads with Data Envelopment Analysis using inputs and outputs in different scenarios. It is aimed to utilise this planning and construction process efficiently. The study was carried out on 30 forest roads within the borders of Maçka Forest Management Directorate. A total of 45 models were designed, 10 for ecological scenario, 15 for economic scenario, 9 for social scenario and 11 for technical scenario. As a result of the study, 24 forest roads were found to be effective in the ecological scenario, 22 in the economic scenario, 14 in the social scenario and 17 in the technical scenario. A package programme was developed as a guide for planners. A programme module was created with Python programming for Geographic Information Systems (GIS) applications. The study was supported with an online map with a user-friendly interface and made available to the end user. Depending on this study, the planning and construction of forest roads should be carried out in accordance with ecological, economic, social and technical scenarios.

Key Words: Forest Roads, Data Envelopment Analysis, Python, GIS

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Türkiye’de kullanılan yol tipleri (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019).....	3
Şekil 2. Türkiye’de orman yolları inşaatı tarihsel süreci (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019).....	5
Şekil 3. Üretim imkanları kümesi ve üretim sınırı	17
Şekil 4. Etkinlik sınırı ve rol model.....	20
Şekil 5. Biyolojik Sinir Hücresi (Mohammed, et al., 2018).....	24
Şekil 6. YSA Hücresi	25
Şekil 7. Yapay Sinir Ağı Mimarisi	26
Şekil 8. Çalışma alanı orman alan haritası, yükseklik haritası ve uydu görüntüsü	33
Şekil 9. Araştırma tasarımı için oluşturulan yapısal çerçeve.....	39
Şekil 10. Arazi çalışmaları orman yolu genel görüntü-1.....	53
Şekil 11. Arazi çalışmaları orman yol kurp örneği ve hendek ile kazı şevi	53
Şekil 12. Arazi çalışmaları orman yolu genel görüntü-2.....	54
Şekil 13. Arazi çalışmaları orman yolu genel görüntü-3.....	54
Şekil 14. Arazi çalışmaları ölçüm aşamaları-1	55
Şekil 15. Arazi çalışmaları ölçüm aşamaları-2	55
Şekil 16. Orman yolunda tespit edilen sanat yapısı örnekleri-1	56
Şekil 17. Orman yolunda tespit edilen sanat yapısı örnekleri-2	56
Şekil 18. Standart bir orman yolunun enine kesiti ve elemanları.....	57
Şekil 19. Ekolojik etkinlik için bakı puanı hesabı CBS modeli	60
Şekil 20. Bakı puanı hesabında sinüs eğrisi	61
Şekil 21. Ekolojik etkinlik için yamaç eğimi hesabı CBS modeli	61
Şekil 22. Ekolojik etkinlik için kayıp orman alanı CBS modeli	62
Şekil 23. Ekolojik etkinlik için akarsu yataklarına olan uzaklık CBS modeli	63
Şekil 24. Ekolojik etkinlik için potansiyel sanat yapısı sayısı CBS modeli.....	64
Şekil 25. Ekolojik etkinlik için bağlantı sağlanan alanlar CBS modeli.....	65
Şekil 29. Ekonomik etkinlik için kıvrımlılık faktörü CBS modeli.....	67
Şekil 30. Ekonomik etkinlik için dolambaçlılık faktörü CBS modeli.....	67
Şekil 31. Ekonomik etkinlik için alan uzunluk oranı CBS modeli.....	68
Şekil 32. Ekonomik etkinlik için ekonomik fonksiyonlu meşcereler CBS modeli	69
Şekil 33. Sosyal etkinlik için yol uzunluğunu hesaplama CBS modeli	71

Şekil 34. Sosyal etkinlik için dolambaçlılık faktörü CBS modeli.....	72
Şekil 35. Sosyal etkinlik için estetik fonksiyonlu orman alanı CBS modeli.....	73
Şekil 36. Sosyal etkinlik için ziraat mera ve iskan alanları CBS modeli	73
Şekil 37. Sosyal etkinlik için mahalli nüfusu ortalaması CBS modeli.....	74
Şekil 40. Teknik etkinlik için işletmeye açılan meşcere alanı CBS modeli	76
Şekil 41. Ortalama yol aralık mesafesi normalizasyon grafiği.....	82
Şekil 42. Platform genişliği normalizasyon grafiği	83
Şekil 43. Banket genişliği normalizasyon grafiği.....	84
Şekil 44. Hendek genişliğinde 0 ile 1 arası normalizasyon grafiği	85
Şekil 45. Python ortamında oluşturulan yazılımın akış şeması	86
Şekil 46. VZA performansının analiz edilmesi süreci.....	91
Şekil 47. Çalışmada kullanılan YSA modeli	92
Şekil 48. Ekolojik etkinlik senaryosu için etkinlik haritası	99
Şekil 49. Ekonomik etkinlik senaryosu için etkinlik haritası	109
Şekil 50. Sosyal etkinlik senaryosu için etkinlik haritası	118
Şekil 51. Teknik etkinlik senaryosu için etkinlik haritası	126
Şekil 52. Tasarlanan web harita sistemi arayüzü.....	135
Şekil 53. Ekolojik ve ekonomik etkinlik senaryolarında MSE ve MAE değerleri	141
Şekil 54. Sosyal ve teknik etkinlik senaryolarında MSE ve MAE değerleri.....	142

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Yıllara bağlı olarak orman yolları inşaati miktarı	6
Tablo 2. Yıllara bağlı toplam orman yollarının değişimi	7
Tablo 3. 2013-2017 yılları arasında orman yollarının meşcere ve yol yoğunluğu ilişkisi (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019).....	8
Tablo 4. Türkiye’de orman yolların ait yol tipleri ve geometrik standartları (OGM292, 2008)	10
Tablo 5. Çalışma alanının orman fonksiyonlarına dağılımı (OGM, 2022d)	34
Tablo 6. Ekolojik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler	44
Tablo 7. Ekonomik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler	46
Tablo 8. Sosyal etkinlik senaryosu için VZA’da kullanılacak değişkenler.....	48
Tablo 9. Teknik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler	49
Tablo 10. Orman yolları arazi verilerinin ekolojik ve ekonomik senaryo değerleri	51
Tablo 11. Orman yolları arazi verilerinin sosyal ve teknik senaryo değerleri	52
Tablo 12. Ekolojik etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri	78
Tablo 13. Ekonomik etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri	79
Tablo 14. Sosyal etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri	80
Tablo 15. Teknik etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri	81
Tablo 16. YSA modelinin girdi-çıktı sayıları.....	93
Tablo 17. Ekolojik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler.....	96
Tablo 18. Ekolojik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi	98
Tablo 19. Ekolojik etkinlik senaryosunda etkinlik skorları.....	100
Tablo 20. Ekolojik etkinlik senaryosunda referans düzeyleri	101
Tablo 21. 4380-023 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri.....	102
Tablo 22. Ekonomik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler.....	105
Tablo 23. Ekonomik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi	107
Tablo 24. Ekonomik etkinlik senaryosunda etkinlik skorları.....	108
Tablo 25. Ekonomik etkinlik senaryosunda referans düzeyleri	110

Tablo 26. 4380-015 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri.....	111
Tablo 27. Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler.....	114
Tablo 28. Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi	116
Tablo 29. Sosyal etkinlik senaryosunda etkinlik skorları.....	117
Tablo 30. Sosyal etkinlik senaryosunda referans düzeyleri	119
Tablo 31. 4380-027 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri.....	120
Tablo 32. Teknik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler	123
Tablo 33. Teknik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi	125
Tablo 34. Teknik etkinlik senaryosunda etkinlik skorları	127
Tablo 35. Teknik etkinlik senaryosunda referans düzeyleri.....	128
Tablo 36. 4380-008 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri.....	129
Tablo 37. Toplam VZA skorları ve referans değerleri	134
Tablo 38. Her senaryo için girdi ve çıktı değişkenlerin ağırlıklarının ortalaması.....	138
Tablo 39. Senaryolara göre gerçek etkinlik (VZA) ve tahmin edilen skorlar (YSA) arasındaki MSE değerleri	143
Tablo 40. Senaryolara göre gerçek etkinlik (VZA) ve tahmin edilen skorlar (YSA) arasındaki MAE değerleri.....	143

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BCC	: Banker, Chames ve Cooper
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CCR	: Chames, Cooper ve Rhodes
CRS	: Ölçeğe Göre Sabit Getiri
CSV	: Comma-separated values
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
EBT	: Ekstrem Sartlara Uygun B Tipi Orman Yolu
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KVB	: Karar Verme Birimi
NBT	: Normal B tipi Orman Yolu
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİM	: Orman İşletme Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
ORBİS	: Orman Bilgi Sistemi
SBT	: Standartları Yükseltilmiş B Tipi Orman Yolu
SDK	: Software Developer Kit
TIN	: Triangulated Irregular Network
VRS	: Ölçeğe Göre Değişken Getiri
VZA	: Veri Zarflama Analizi

1. GENEL BİLGİLER

İnsanoğlunun geçmişten günümüze kadar inşa ettiği mühendislik harikası niteliğindeki yollar, kıtalara ve kıtalar arasına uzanan bir ağ oluşturmuştur. İnşa edilen yollar, sadece insan ve mal taşımacılığına hizmet etmekle kalmamış, aynı zamanda hammadde taşıma, kültürel iletişim ve birçok stratejik etmen için de kilit rol oynamıştır.

Tarih boyunca, yol ağları insanlığın ilerlemesi için önemli bir unsur olmuştur. Sürekli olarak yeniden inşa edilmeleri gereken dinamik yapılar olmuşlardır. Günümüzde bile teknolojinin geldiği son noktada, yolların taşımacılık, ticaret, turizm gibi alanlardaki hayati rolü inkâr edilemez. Ancak, yol inşası ve bakımı gibi faaliyetler beraberinde çevresel etkileri getirmektedir. Yol ağlarının gelişimi ve sürdürülebilirliği, modern toplumların önemli meselelerinden biri durumundadır.

Yol ağları, Türkiye’de 1856 yılında başlayan ormancılık faaliyetlerinde de ana faaliyetlerden biri olarak görülmüştür. Ormancılığın genel kuralları sayılan diğer konular ise; Orman bütünlüğünün sağlanması, yangın, hastalıklar ve zararlı böceklerle savaş ve saha emniyetidir (Tokmanoğlu, 1974). Orman Genel Müdürlüğü’nün (OGM) 2019-2023 yılı Stratejik Planda belirlenen misyonu; “Orman ve orman kaynaklarını korumak, doğaya yakın bir anlayışla geliştirmek, ekosistem bütünlüğü içinde sürdürülebilir ve topluma çok yönlü faydalar sağlayacak şekilde yönetmek” olarak ifade edilmiştir (OGM, 2022a). Sanayi devriminden sonra, faydalanma ilkesinin ortaya çıkması ile ormancılık faaliyetlerinde işletme amacı “faydalanılması düşünülen orman fonksiyonu” şeklinde ifade edilmiştir. Orman alanlarının işletilmesi için öncelikli olarak bu alanlara ulaşımın sağlanması gerekmektedir. Orman yolları bu alanların fonksiyonel olarak işletilmesinde en önemli etkenlerden birisidir. Ormanların planlama yaklaşımları ekonomik, ekolojik, sosyal ve kültürel fonksiyonlar dikkate alınarak belirlenmektedir. Ekonomik fonksiyon altında en yüksek odun üretimi, yakacak odun üretimi ve odun dışı orman ürünü üretimi gibi orman ürünleri üretimleri yer almaktadır. Ekolojik fonksiyon altında, doğa koruma, erozyon önleme ve iklim koruma gibi göstergeler bulunmaktadır. Sosyo-kültürel fonksiyon olarak hidrolojik, toplum sağlığı, estetik, ekoturizm ve rekreasyon, ulusal savunma, bilimsel çalışmalar gibi göstergeler yer almaktadır (OGM299, 2017). OGM misyonu ve günümüzdeki orman kaynaklarından faydalanma yöntemleri incelendiğinde, orman

yollarının orman alanlarına ve kaynaklarına ulaşımı için daha fazla önem arz ettiği görülmektedir.

Türkiye’de orman yolları, yıllık üretilen yaklaşık 26 milyon m³ asli orman ürününün taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu yollar, orman içi ile orman dışı bağlantıyla birlikte ormanların farklı bölgelerinden elde edilen kaynaklara erişim imkanının kolaylaştırılmasını da sağlamaktadır. Ayrıca orman yolları, orman alanlarının çok yönlü kullanımına olanak tanırken, orman ürünlerinin güvenli bir şekilde taşınmasını da sağlamaktadır.

Orman yolları, ormancılık faaliyetlerinin birçok aşamasında destekleyici yapılardır. Orman koruma, kadastro, bakım, erozyon kontrolü ve ağaçlandırma gibi çeşitli ormancılık hizmetlerinin yerine getirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Üstelik, Türkiye’de orman köylerinin yol ihtiyaçlarını karşılamak için de orman yollarının kullanılması yaygın bir uygulamadır (Bayoğlu & Seçkin, 1982).

Tüm bu işlevleri bir arada yerine getiren orman yolları, orman ekosistemlerini desteklemek için inşa edilen yüksek maliyetli alt yapı tesisleridir. Bu yolların planlanması, tasarımı ve sürdürülebilirliği, sadece orman ürünlerinin taşınmasını değil, aynı zamanda ormancılık faaliyetlerinin genel etkinliğini ve çevresel sürdürülebilirliğini de etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle, orman yollarının doğru bir şekilde yönetilmesi, orman kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması için temel bir gerekliliktir.

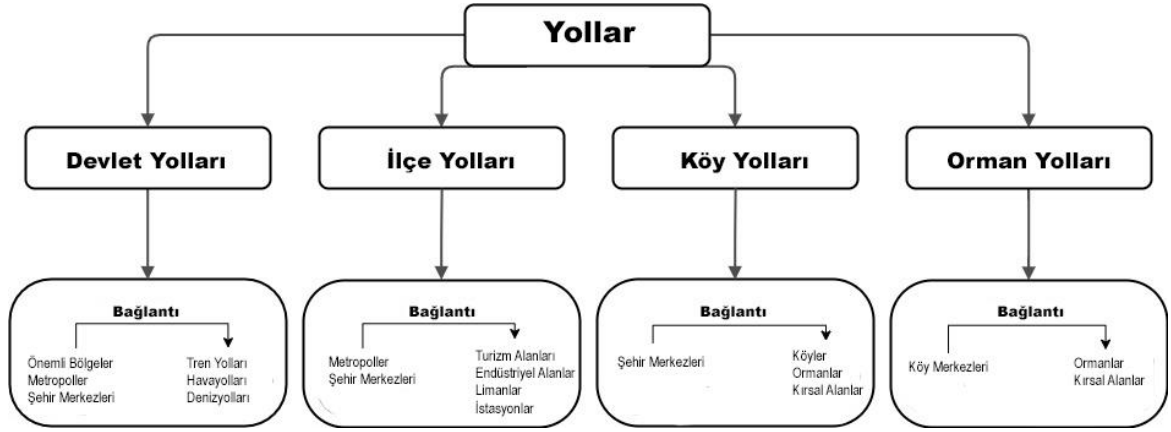
Orman yolları; köy merkezlerinden başlayarak orman içerisinden geçen, sistematik bir şekilde ormanın her tarafına etki etmeyi amaçlayan, ormanların farklı fonksiyonlar ile rasyonel olarak işletmeye açılmasına hizmet eden yollardır. Ormancılık faaliyetleri açısından bakıldığında orman yollarının doğa ve insan arasındaki ilişkiye katkısı oldukça fazladır. Bu nedenle orman yollarının inşa edilmesi sürecinde planlama en önemli süreçlerden biridir. Bu süreç içerisinde yolun yapılma amacı çok iyi belirlenmelidir. Bu amaca yönelik olarak planlama işlevsel bir yaklaşım ile yapılmalıdır (Gümüş, Acar, & Toksoy, 2007).

Orman yollarının planlama sürecinden inşa sürecine kadar olan faaliyetlerde, orman kaynaklarından en iyi şekilde faydalanma ölçüsünü ortaya koymak gerekmektedir. Bu faydalanma aynı zamanda sürdürülebilir fonksiyonlara uygun olarak belirlenmelidir. Bu fonksiyonlar ekolojik, ekonomik ve sosyal etkiler olarak sınıflandırılmaktadır (Akay &

Sessions, 2005). Bu fonksiyonlar ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama kriterlerine uygun olarak belirlenmiştir.

1.1. Türkiye’de Yol Kavramı

Türkiye’de yollar, bağlantı tiplerine göre sınıflara ayrılırlar. Bu yol sınıflaması, devlet yolları, il yolları, köy yolları ve orman yolları olarak dört gruba olarak yapılmıştır (Şekil 1). Orman yolları, ormanlık alanlar ile kırsal alanlar arasında bağlantı sağlayan yol olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 1. Türkiye’de kullanılan yol tipleri (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019)

Orman yolları, çeşitli orman yönetimi faaliyetleri için önemli bir altyapı oluşturur ve odun üretimi, taşıma ve rekreasyon gibi amaçlar için erişim sağlar (Hayati, Majnounian, & Abdi, 2012; Çalışkan, 2013). Orman yolları, odun ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynar. Habitat parçalanması, biyoçeşitlilik ve ekonomik gelişme gibi çok yönlü faaliyet ve etkileri içermektedir (Gucinski, Furniss, Ziemer, & Brookes, 2001). Orman yollarının inşası, hidrolojik süreçler, toprak erozyonu, sedimentasyon ve su kalitesi gibi önemli çevresel etkilere neden olabilir (Grace & Clinton, 2007; Grigolato, 2019; Kastridis, 2020). Orman yol ağı, ormanlık alanlarda artan insan faaliyetine bağlı olarak yangın riski ile ilişkilendirilmiştir (Stefanović, Stojnić, & Danilović, 2016). Ayrıca, orman yollarının varlığı, vahşi yaşam için habitat bozulmasına neden olabilir, bu durum hayvan türlerinin hareketini etkileyebilir ve türlerin azalma riskini arttırabilir (Neece, Loeb, & Jachowski, 2018; Jeong, et al., 2021). Orman yolları, orman yönetim faaliyetleri için ayrılmaz bir parça olmasına rağmen, planlanması ve inş süreçlerinde çevresel sonuçlara yol açabilir. Özellikle

ormanlık alanlara erişim ve odun taşıma ihtiyacı ile doğal ekosistemlerin korunmasını dengeleyerek, sürdürülebilir orman yönetimi için önemli rol oynamaktadır.

Orman yollarının genel amaçlarına uygun olarak planlanması dikkatle yapılmalıdır. Daha önce yapılan çalışmalarda, ormancılık işleri için 15 veya daha fazla planlama amacı olabileceği ortaya konmuştur (Lugo & Gucinski, 2000; Hruza, 2003; Demir, 2007). Orman yollarında çeşitli amaçları sağlayabilmek için belirli planlama kriterleri vardır:

- Optimal yol yoğunluğu ve yol aralık mesafesinin sağlanması (Seçkin, 1984),
- Yol ağını oluştururken tüm ormanların işletmeye açılması (Acar, 2005),
- Primer ve sekonder transportun planlamasının doğru yapılması (Bayoğlu, 1965),
- Arazi koşulları nedeniyle yol yapımının ekonomik olmadığı sahalarda, mekanizasyona dayalı kombine hasat işlemleri yapılacağı için yol ağ planlarının buna göre yapılması (Gümüş S. , 2009),
- Orman yolu standartları, yangın durumu (Küçükosmanoğlu & Hasdemir, 1991; Bilici, 2009), topografik yapı, nakliyat şekli ve sıklığı, orman serveti gibi kavramlara uygun olması,
- Ağ içerisinde olabildiğince çıkmaz yol olmaması (Acar, 2005),
- Ters eğimlerden kaçınma (Aykut & Demir, 2005),
- Ekonomik olması (Acar, 2005),
- Olumsuz ekolojik etkilerin (sediment, habitat kayıpları, kaçakçılık, av, otlatma, orman açmacılığı gibi tahribatlar) sonuçlarının en aza indirilmesi (Eker, Acar, & Çoban, 2010),

Bu kriterlerin yanında planlama yapılırken, arazinin yapısı, iklim verileri, çevresel faktörler, alt yapı, odun dışı orman ürünleri ve hizmetleri, yolun kullanıcı grupları, ormana erişimin değeri ve ulusal politikalar hesaba katılmalıdır (Bjorklund, 2006).

1.2. Geçmişten Günümüze Türkiye’de Orman Yolları

Türkiye’de orman yollarının varlığının istatistiki durumu, 3 ana döneme ayrılmıştır. Bu dönemlerin sınırlandırılması, orman kanununun çıkarıldığı 1937 yılı ile planlı döneme geçişin gerçekleştirildiği 1963 yılları arası, 1963 yılından ormancılık istatistiklerinin derlendiği 2009 yılları arası ve 2009 yılından günümüze (2024) şeklindedir (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019)

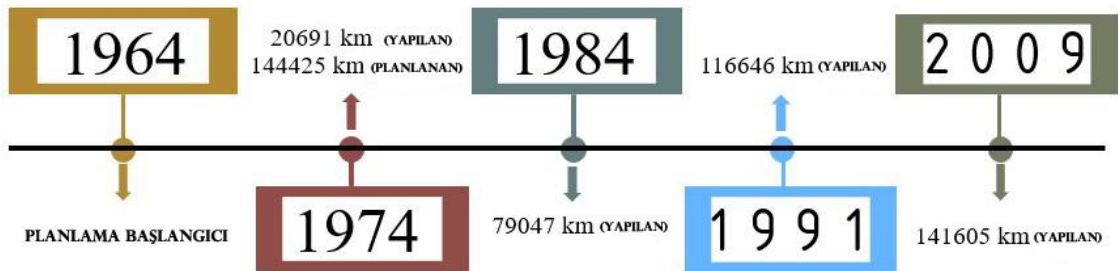
1.2.1. Türkiye’de 1937 ile 1963 Yılları Arasında Orman Yolları

Türkiye’de ilk orman kanununun çıkarıldığı 1937 yılına kadar (1923-1937) ve 1937-1963 yılları arasındaki dönem için orman yollarının yapımıyla ilgili doğru istatistiki değer vermek mümkün değildir (Aykut & Demir, 2005)

1963 yılı öncesi, günlük ihtiyaçların karşılanması amacı ile rastgele inşa edilen, eğim ve konum itibarıyla orman yolu standartlarına uymayan ve ormanı yeterli ölçüde işletmeye açmayan birçok yolun inşası söz konusu olmuştur (Bayoğlu & Seçkin, 1982). Bu dönemde planlı bir çalışmanın olmaması üretim-yol ilişkisini etkilemiştir. Bu nedenle sürütme mesafesi çok kısa olmuştur. Üretim, yol kenarı ve yakın çevresindeki ormanlarda yapılmıştır. Türkiye’de 1950 yılına kadar yol yapım çalışmaları elle yapılmıştır. 1957 yılından sonra, iş makineleri alınmaya başlanmıştır. Daha sonraki aşamada makina ile yol yapım çalışmalarına başlanmıştır (Aykut & Demir, 2005).

1.2.2. Türkiye’de 1964 ile 2009 Yılları Arasında Orman Yolları

Bu dönem, orman yollarının rastgele ve günlük ihtiyaçlara göre yapılmadığı, belirli bir plana uygun olarak yapılmaya başlandığı dönemdir. Bu dönem içinde fonksiyonel hizmetleri karşılayan yollar inşa edilmiştir. Bu dönemde OGM’nin başladığı ilk planlama çalışmaları tamamlanmıştır. Bu planlamaya göre, verimli orman alanına uygun 144.425 km orman yolu planlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye’de orman yolları inşaatı tarihsel süreci (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019)

Planlı dönem öncesi 20.691 km, 1963-1984 yılları arasında 79.047 km orman yolu yapılmıştır. Diğer bir ifade ile planlamaya başlanan dönemde her yıl ortalama 3.500-4.000

km arasında orman yolu yapılmıştır. Bu çalışmalar 1984 yılına kadar devam etmiştir. 1984 yılı ile 1992 yılları arasında orman bakanlığı kapatılmıştır. Bu nedenle OGM bünyesinde yol yapım faaliyetleri aksamıştır. Ancak Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHG) ve OGM ortak çalışmaları ile 1991 yılına kadar 116.646 km orman yolu inşa edilmiştir.

Orman Bakanlığının 1992 yılında yeniden kurulmasıyla birlikte, orman yolu inşa çalışmaları OGM bünyesinde yapılmaktadır. 1997 yılında orman yolları inşaatları ihale yöntemi ile yapılmaya başlanmıştır. Yeniden yapılan planlamalar doğrultusunda yapılması planlanan orman yolu uzunluğu 201.810 km olarak belirlenmiştir. 2009 yılı sonu itibariyle 141.605 km'si (%70,1) inşa edilmiştir.

1.2.3. Türkiye’de 2009 ile Günümüz Arasında Orman Yolları

2009 yılından itibaren planlı dönemi kapsadığı için ormancılık istatistikleri derlenmiştir. 2009-2022 yıllarına ait Ormancılık İstatistikleri her sene yayınlanmaktadır (OGM, 2022b). 2011 yılından itibaren inşa edilen orman yolu miktarları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yıllara bağlı olarak orman yolları inşaatı miktarı

Yıl	Orman Yolu (km)	Yangın Emniyet Yolları (km)	Kule Yolu (km)	Traktör Yolu (km)	Depo Yolu (km)	Bakım (km)	Üst Yapı (km)	Hidrolik Sanat Yapısı (km)	Köprü (m)
2011	1.468	401	8	422	72	1.064	1.162	1.817	123
2012	1.518	379	21	448	92	1.022	1.860	1.959	202
2013	1.479	378	6	404	113	1.421	1.532	1.881	142
2014	1.542	310	10	443	100	1.661	2.094	2.387	209
2015	1.624	382	11	511	114	1.753	2.261	2.823	256
2016	1.852	324	4	751	171	2.276	2.142	3.131	323
2017	2.542	125	2	684	139	2.768	2.520	3.210	190
2018	2.902	169	3	969	147	3.184	2.843	3.696	111
2019	1.324	113	0	1.075	136	1.389	515	873	12
2020	2.675	173	0	1.538	167	1.354	710	2.071	55
2021	3.822	152	0	2.538	272	1.630	942	1.251	0
2022	6.865	374	2	2.740	199	0	1.132	1.948	0
Ort.	2.468	273	6	838	144	1.505	1.314	2.013	135

2012 yılı itibariyle her türlü ormancılık faaliyetinin gerçekleştirilmesi için planlanan orman yolu miktarı yenilenmektedir. Bu hedefler, 2012 yılında 144.425 km, 2013 yılında

281.000, 2014 yılında 282.000, 2015 ve 2016 yılında 287.526 km, 2017 yılında 302.000 km, 2018 yılında 307.000 km, 2019 yılında 320.000 km, 2020 yılında 340.334 km, 2021 yılında 380.466 km ve 2022 yılında 365.215 km olarak revize edilmiştir. Bu revize işlemlerinde ormancılık faaliyetleri için kullanılan köy yolları da dahil edilmektedir.

Tablo 2. Yıllara bağlı toplam orman yollarının değişimi

Yıl	Orman yolu (km)	Yangın emniyet yolları (km)	Kule yolu (km)	Traktör yolu (km)	Depo yolu (km)	Bakım (km)	Üst yapı (km)	Hidrolik sanat yapısı (km)	Köprü (m)
2009	141.605	17.005	828	7.221	1.641	33.887	34.820	35.595	11.375
2010	143.005	17.474	832	7.652	1.761	34.887	35.999	37.427	11.444
2011	144.473	17.875	840	8.074	1.833	35.951	37.161	39.244	11.567
2012	145.991	18.254	861	8.522	1.925	36.973	39.021	41.203	11.769
2013	147.470	18.632	867	8.926	2.038	38.394	40.553	43.084	11.911
2014	149.012	18.942	877	9.469	2.138	40.055	42.647	45.471	12.120
2015	150.636	19.324	888	9.980	2.252	41.808	44.908	48.294	12.376
2016	152.488	19.648	892	10.731	2.423	44.084	47.050	51.425	12.699
2017	155.030	19.773	894	11.415	2.562	46.852	49.570	54.635	12.889
2018	157.932	19.942	897	12.384	2.709	50.036	52.413	58.331	13.000
2019	159.256	20.055	897	13.409	2.845	51.425	52.928	59.204	13.012
2020	161.931	20.228	897	14.947	3.012	52.779	53.638	61.275	13.067
2021	165.753	20.380	897	17.485	3.284	54.409	54.580	62.526	13.067
2022	172.618	20.754	899	20.225	3.483	54.409	55.712	64.474	13.067
Toplam Orman Yolları (km)								217.979	

2011 yılından başlayarak 2022 yılına kadar her yıl ortalama 2.468 km yeni orman yolu yapılmaktadır. Yangın emniyet yolları, kule yolları, traktör yolları, depo yolları dahil edildiğinde her yıl ortalama 3.729 km orman yolu inşa edilmektedir. Bu orman yollarının inşasının yanında orman yolu için büyük onarım, üst yapı inşası, hidrolik sanat yapıları ve köprülerin inşası devam etmektedir. Bu yapılarda ortalama 4.967 km uzunluğunda inşa edilmiştir. 2011 yılından itibaren 54.409 km orman yolunda alt yapı tesisi ve bakım faaliyeti yapılmıştır (Tablo 2).

2009 yılında 141.605 km uzunluğuna olan yeni orman yolları, 2022 yılı itibarıyla ormancılık faaliyetleri için toplam 217.979 km olarak inşa edilmiştir. Orman yollarının yanında, yangın emniyet yolları, kule yolları, traktör yolları, depo yollarına ait veriler Tablo 2’de verilmiştir.

2022 yılı itibariyle, ormancılık faaliyetleri için kullanılabilecek 78.463 km köy yolu da dahil edildiğinde, toplam ormancılık faaliyetleri için kullanılabilecek yol miktarı 300.669 km olarak tespit edilmiştir (OGM, 2022c). Her türlü ormancılık faaliyetinin gerçekleştirilmesi için planlanan orman yolu miktarı 2022 yılı sonunda 365.215 km olarak yenilendiğine göre, planlanan yolların %82.32'sinin tamamlandığı hesaplanmıştır.

Ormancılık faaliyetlerinde; erişim kolaylığı, alt yapı çalışmaları, orman yangınları ile mücadele, ormanların planlanması, ekonomik gelişim ve gelir olanaklarının değerlendirilebilmesi orman yol yoğunluğu kavramı ile ilişkilendirilebilir. Orman yol yoğunluğu, belirli bir alan içindeki toplam yol uzunluğuyla ormanlık alanın büyüklüğü arasındaki oranı ifade eder. Orman yolu yoğunluğu ile bölmeden çıkarma teknikleri arasında yakın ilgili bulunmaktadır. Gerekli yol yoğunluğu ile bölmeden çıkarma işleminde tercih edilecek yöntemler belirlenir. Bu yöntemler genel anlamda insan gücü ile bölmeden çıkarma, hayvan gücü ile bölmeden çıkarma ve makine ile bölmeden çıkarma şeklindedir (Bayoğlu, 1965). Gümüş vd. (2019) yapmış oldukları bir çalışmada, her sene OGM tarafından yayınlanan ormancılık istatistiklerinde toplam orman yolları miktarı ve orman varlığı arasındaki ilişkiye bakarak orman yol yoğunluğu değeri ortaya koymuşlardır (Tablo 3).

Tablo 3. 2013-2017 yılları arasında orman yollarının meşcere ve yol yoğunluğu ilişkisi (Gümüş, Ünver, & Hatay, 2019)

Yıl	Toplam yol (km)	Yol değişim oranı (%)	Toplam meşcere alanı (ha)	Meşcere değişim oranı (%)	Yol yoğunluğu (m/ha)	Yol yoğunluğu değişim oranı (%)
2013	240.878	0,00	21.899.734	0,00	11,02	0,00
2014	244.000	1,30	22.121.335	1,01	11,03	0,09
2015	244.639	0,26	22.342.935	1,00	10,95	-0,73
2016	246.491	0,76	22.435.935	0,42	10,99	0,34
2017	257.592	4,50	22.528.935	0,41	11,43	4,07
2018	260.589	1,16	22.621.935	0,41	11,52	0,75

Tablo 3'te görüldüğü gibi, her türlü ormancılık faaliyeti için kullanılan orman yolları ve köy yollarının 2013 yılından itibaren miktarı, 2013 yılından itibaren toplam meşcere alanı ve bu değerlerin yıllık değişim yüzdeleri gelecek projeksiyona göre artmaktadır. Orman yollarının yoğunluğu 2018 yılı itibariyle, 11,52 m/ha olduğunu ortaya koymuşlardır.

1.3. Türkiye’de Orman Yollarının Tipi ve Standartları

Orman yollarının tasarımı, ekonomik ve ekolojik etkileri ile karmaşık bir yapıya sahiptir (Akay, 2006). Bu nedenle orman yolları hiçbir zaman sadece iki ulaşım noktasını birbirine bağlayan bir yapıya sahip değildir. Orman yolları, ormanın her yerinde ve her zaman elde edilebilecek ürünün gideceği yere kadar en uygun teknik ve ekonomik yöntemle taşınmasını sağlayan yapılardır (Tavşanoğlu, 1973). Orman yolları yapım amacı, planlama, geometrik standartı, inşa tekniği ve arazi koşulları nedeniyle diğer yollardan ayrılmaktadır. Bunun yanında ekolojik ve sosyal etkilerinde göz önüne alınması gereklidir. Bu bağlamda bir orman yol ağı planını hazırlamak ve bu yolların inşasını gerçekleştirmek hiçbir zaman sadece bir yol yapım tekniği olmamalıdır.

OGM, orman yolu planlaması tebliğ ile orman yollarının değerlendirilmesinde yer, rota, eğim, genişlik ve laseye göre incelemeler yapmaktadır (OGM292, 2008). Böylece yol standartlarına uyan yollar planlanmakta ve inşa edilmektedir. Ancak bu özellikler sadece yolun teknik özelliklerini kapsamaktadır. Bu teknik özelliklerin yanı sıra ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler de dikkate alınmalıdır. Türkiye’de orman yollarını değerlendirmeye yönelik geliştirilmiş ve onaylanmış bir yöntem şu anda bulunmamaktadır. Bunun yerine, değerlendirme formları oluşturularak yolun etkisini ölçen faktörler tanımlanmıştır (Gümüş, 2009). Bu faktörlere sahip olan ve ormancılıkta işletme amaçları için kullanılan yollar 3 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 4).

- Ana Orman Yolları: Orman yol ağının iskelet yapısını oluşturan, taşınan ürün miktarının yüksek olduğu ve devamlı kullanılan yollardır. Bu yüzden üst yapı ve drenaj tesisi gibi mühendislik yapıları diğer yollara göre daha fazla yapılmıştır.
- Tali Orman Yolları: Orman içindeki istif yerleri ile ana orman yolları arasındaki bağlantıyı sağlayan yollardır. Bu yollar A tipi ve B tipi olmak üzere 2 farklı gruba ayrılır. Tali yolların sınıflandırılmasında taşınan ürün miktarı etkilidir. B tipi tali yollar ise 3 gruba ayrılır. Bu yollar yol standartları yükseltilmiş B tipi (SBT), Normal B tipi (NBT) ve ekstrem şartlara uygun B tipi (EBT) olarak sınıflandırılmıştır.
- Traktör Yolları: Yüksek eğimli arazi koşullarında, özellikle odun üretiminde sürütme araçlarının kullanıldığı yol tipileridir. Üretimi sağlamak amacıyla yapım masrafları düşük olan basit yollardır. Toprak tesviyesi kaba olduğu için özellikle erozyona neden olabilmektedirler (OGM292, 2008).

Tablo 4. Türkiye’de orman yollarının ait yol tipleri ve geometrik standartları (OGM292, 2008)

Parametre	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu				Traktör Yolu
		A tipi	B Tipi			
			SBT* ¹	EBT* ²	NBT* ³	
Platform genişliği (m)	7	6	5	4	3	3,5
Azami eğim (%)	8	10	9	12	12	20
Asgari kurp yarıçap (m)	50	35	20	12	8	8
Banket genişliği (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Hendek genişliği (m)	1	1	1	1	0.5	
Üst yapı genişliği (m)	6	5	4	3	3	

*¹ SBT: Standartları yükseltilmiş B tipi *² NBT: Normal B tipi *³ EBT: Ekstrem B Tipi

Yolun genişlik, eğim, kurp yarıçapı, kaplama durumu vb. fiziksel özellikler hem teknik hem de ekonomik bakımlardan çok büyük öneme sahiptir. Teknik olarak uygun ve yeterli olan özelliklere sahip orman yolu, trafiğin rahat olmasına ve ekonomik inşaat faaliyetlerine ve karlı bir taşımacılık hizmetine sahip olabilmektedir (Erdaş, 1997).

1.4. Orman Yollarının Olumlu ve Olumsuz Özellikleri

Orman yolları, odun üretimi, ağaçlandırma, silvikültürel uygulamalar, yangınla mücadele, koruma ve rekreasyonel uygulamalar gibi tüm ormancılık çalışmalarında kullanılan ana ulaşım tesisleridir (Hayati, Majnounian, & Abdi, 2012; Hosseini, Gorgandipur, & Nikooy, 2018; Öztürk, 2020; Öztürk, Doğan, & Başar, 2022).

Orman yolları konusundaki araştırmalar, literatüre bakıldığında birçok faktöre bağlı önemli konuları içermektedir. Bu faktörlere örnek vermek gerekirse, orman yangınları ile orman yolları arasındaki ilişkileri inceleyen bir çalışmada, yangın durdurma alanlarındaki orman yollarındaki farklı vejetasyon yönetim yaklaşımlarının etkileri ortaya konmuştur (Yılmaz, 2016; Thompson, Gannon, & Caggiano, 2021). Teknolojinin gelişimiyle birlikte, insansız hava araçlarının orman yollarındaki kullanımını ele alan bir başka çalışmada, orman yollarıyla ilgili altyapı ve üst yapı çalışmalarında teknoloji kullanımının sınırlı olduğu belirtilmiştir (Türk, Aydın, & Eker, 2022; Çalışkan & Sevim, 2022). Diğer taraftan, orman yangınlarını azaltmak amacıyla yapılan faaliyetler üzerine yapılan çalışmalar, orman yolları ile yangın söndürme ekipleri, kullanılan araç gereçlerin durumu, gözetleme ve yangın emniyet yolları gibi faktörlerin arasındaki ilişkilere odaklanmıştır (Avcı & Boz, 2017). Bazı çalışmalar, orman yollarının korunması ve sürekli olarak açık tutulması için koruma

duvarları, büzler, menfezler ve köprüler gibi sanat yapılarının tesis edilmesi gerektiğini vurgulamıştır (Öztürk, Doğan, & Başar, 2022). Ayrıca, orman yol ağı ile oluşturulan güzergahlarda mesafenin genellikle uzadığı ve ulaşım süresinin arttığı konusunda yapılan hesaplamalar da mevcuttur (Vatandaşlar & Demir, 2015). Orman yollarının insanların orman içlerine kolayca girmesine olanak tanıdığı ve bu nedenle yol kenarlarının sürekli olarak insan müdahalesine maruz kaldığı belirtilmiştir (Özkan & Inaç, 2017; Prendes, et al., 2019). Görüldüğü üzere bu geniş çalışma alanında, orman yollarının olumlu ve olumsuz özelliklerini sınıflandırmanın gerektiği açıktır.

Orman yollarının olumlu özellikleri dikkate alındığında, ekosistem açısından pozitif etkiye neden olabilecek faktörler şu şekilde sınıflandırılabilir:

Ağaçlandırma ve ağaç kesimi: Orman yolları, “ağaçlandırma ve ağaç kesimi” gibi faaliyetlerde özellikle transport aşamasında oldukça önemli bir altyapı unsurudurlar. Orman yollarının önem derecesi, ağaç kesimi ve ağaçlandırma gibi orman yönetimi faaliyetlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi sırasında belirlenebilir. Orman yollarının bu görevi, orman ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından da büyük bir rol oynamaktadır. Orman yollarının planlanması ve bakımı, orman kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamakta ve ağaç kesimi gibi faaliyetlerin çevresel etkilerini minimize etmektedir (Vatandaşlar & Demir, 2015). Ağaç kesimi faaliyetleri, ormancılık üretimi kapsamında gerçekleştirilen en önemli uygulamadır. Ormanlarda yapılan ağaç kesimi, odun ve diğer orman ürünlerinin elde edilmesini sağlamanın yanı sıra, ormanın yapısal dengesini koruma amacıyla yapılan bir silvikültürel uygulamadır (Akdemir & Özdemir, 2015). Ormanlarda yapılan ağaç kesimi faaliyetleri, orman yangınları gibi riskleri azaltmaya da yardımcı olmaktadır. Orman yollarının varlığı, ağaç kesimi ve ağaçlandırma gibi ormancılık faaliyetlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Orman yolları, ormanlara erişimi kolaylaştırarak ağaç kesimi faaliyetlerinin planlı bir şekilde gerçekleştirilmesine imkan sağlamakta ve ağaçlandırma çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır (Vatandaşlar & Demir, 2015).

Ormanlık alanlara hızlı bir şekilde ulaşılması: Orman yolları, “ormanlık alanlara hızlı bir şekilde ulaşılmasını” sağlayarak yangın söndürme ekiplerine stratejik bir avantaj sağlamaktadırlar. Bu durum, orman yangınlarının kontrolü için kritik öneme sahiptir (Avcı & Boz, 2017). Orman yangınları, orman varlığını tehdit eden en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir ve bu durum, orman ekosistemleri üzerinde baskı oluşturmaktadır (Eker & Abdurrahmanoğlu, 2022). Orman yangınlarına ilişkin kanunlardaki düzenlemeler,

iklim değişikliğinden kaynaklanan etkilerin artması ve terör amaçlı yangın çıkarma eyleminin sıklıkla başvurulmuş suçlardan biri olmasıyla birlikte giderek artmaktadır (Cesur & Bulut, 2023). Orman yangınları, çeşitli sebeplerle meydana gelebilir ve hızlı bir şekilde yayılabilmektedir (Tezcan & Eren, 2022). Orman yangınları ile mücadele anlamında yapılan orman yangını risk alanlarının haritalanması ve ulaşım ağının ortaya konması; işgücü, zaman ve maliyet bakımından oldukça yararlı olabilir (Dilekçi, Marangoz, & Ateşoğlu, 2021). Ancak, ormanlarda yol ağlarının yapımı sırasında ve sonrasında habitatlarda geri dönüşü olmayan sonuçlar gözlemlenebilir (Gülci, Akgl, Gülci, & Demir, 2021). Bu nedenle riskli alanların tespiti önem arz etmektedir. Ayrıca, orman yollarının ormancılık faaliyetleri dışında afet yönetiminin uygulanabileceği gibi alanlarda da kullanılabileceği ve acil müdahale ekiplerinin olay yerine en kısa zamanda ulaşımını sağlayabileceği belirtilmektedir (Vatandaşlar & Demir, 2015). Orman yollarının rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projeleri kapsamında, orman yollarının yangın alanlarının rehabilitasyonunda önemli bir rol oynadığına dair bulgular da mevcuttur (Yılmaz, 2016).

Biyeşitliliğin izlenmesi, sağlık ve araştırma: Orman yolları, biyeşitliliği izlemek ve araştırmak için bilim insanlarına ve doğa koruma uzmanlarına erişim sağlamaktadırlar. Orman yollarının biyeşitlilik için sağladığı önem, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir akışını sağlaması ve sürdürülebilir çevreye katkıda bulunmasıyla ilişkilidir. Bu yollar, çeşitli ekosistemlere ve habitatlara erişim sağlayarak biyeşitliliği izlemek ve korunmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda, orman yolları ekosistem hizmetlerini destekleyerek su kaynaklarını korurlar, erozyonu azaltırlar ve su kalitesini iyileştirirler, böylece hem insan hem de ekosistem sağlığına pozitif etkileri olmaktadır. Orman yolları bilimsel araştırmalara da olanak sağlamaktadırlar. Orman yolları sayesinde, orman mühendisleri, biyologlar, evre bilimcileri ve diğer araştırmacılar bu alanlarda uzun vadeli izleme ve veri toplama imkanına sahip olabilmektedirler. Ayrıca, orman yolları habitat koruma ve restorasyon projeleri için uygun bir altyapı sunarlar, böylece doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliğini desteklemektedirler (Kleinschroth & Healey, 2017; Kaya & Uzun, 2019; Durusoy & Mutuş, 2021).

Rekreasyonel faaliyetler: Orman yolları, rekreasyonel faaliyetler için erişim sağlayarak yürüyüş, bisiklet sürme ve doğa yürüyüşleri gibi aktiviteler için uygun ortamlar oluştururlar. Orman yollarının rekreasyonel alanlar için sağladığı avantajlar, insanların serbest zamanlarında aktif veya pasif bir şekilde rekreasyonel faaliyetlere katılım sağlayarak stres ve yalnızlık algısını azaltabilecekleri yönündedir (Aksu, Güneş, & Kaya, 2022). Ayrıca,

kentlerdeki halka açık park alanlarının erişilebilirliği ve içerdikleri rekreasyonel faaliyetler, yeşil alan ihtiyacının karşılanmasında önemli unsurlardandır (Akten & Yücedağ, 2022). Orman yollarının rekreasyonel potansiyelinin nesnel ve bilimsel verilerle belirlenmesinin, mekânsal planlamalara temel oluşturabileceği vurgulanmıştır (Kaptan Ayhan, 2019). Bu bağlamda, orman yollarının rekreasyonel faaliyetler için erişim sağlaması, doğal alanlara olan erişimi artırarak insanların stres ve yalnızlık algısını azaltabileceği gibi birçok fayda sağlamaktadır.

Turizm: Orman yolları, turizm gibi ekonomik faaliyetlere katkıda bulunabilmektedir. Bu yollar, doğal güzelliklere ve biyoçeşitliliğe olan erişimi artırarak, turistlere çeşitli açık hava aktiviteleri ve keşif olanakları sunmaktadırlar. Ormanların huzurlu atmosferi ve serin iklimi, turistlerin doğayla iç içe bir deneyim yaşamalarına imkan tanımaktadırlar. Ayrıca, bu yollar, doğa turizmi açısından değerli alanlara olan ulaşımı kolaylaştırarak, çeşitli ekoturizm fırsatlarını desteklemektedirler. Orman yolları doğa turizmi ve gastronomi turizmi gibi turizm faaliyetlerine olanak sağlayarak ekonomiye katkı sağlamaktadırlar (Akdemir, 2022).

Diğer yandan, orman yollarının olumsuz özellikleri dikkate alındığında, ekosistem açısından negatif etkiye neden olabilecek faktörler şu şekilde sınıflandırılabilir:

Yanlış plan ve tasarım: orman yollarının planlanması ve tasarlanmasında konumsal verilere dayalı karar destek sistemleri, ormancılıkta üretim aktivitelerinin planlanmasında ve orman yollarının tasarlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Türk, Aydın, & Eker, 2022). Orman yollarının yapımı sırasında ve sonrasında habitatlarda geri dönüşü olmayan sonuçlar gözlemlenebileceği, bu nedenle orman yolu güzergahlarının belirlenmesinde farklı tekniklerle üretilmiş sayısal arazi modellerinin kullanılması önemlidir (Gülci, Akgül, Gülci, & Demir, 2021).

İnşaat sırasında erozyon riski: Orman yollarının inşası ve bakımı, toprak erozyonu riskini artırabilir ve bu durum orman ekosistemlerine olumsuz etkiler yapabilir. Ağaç köklerinin zarar görmesi, toprak stabilitesinin azalmasına ve erozyonun artmasına neden olabilir (Akbarimehr & Naghdi, 2012; Çalışkan, 2013). Bu durum, orman yolları nedeniyle ortaya çıkabilecek erozyon riskine bağlı olarak çeşitli dezavantajları beraberinde getirebilir. Orman yollarının inşası ve bakımı sırasında yapılan kazı ve dolgu işlemleri, toprak stabilitesini bozabilir ve erozyon riskini artırabilir. Orman yollarının varlığı, orman ekosistemleri üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir ve ormanlardaki biyolojik çeşitliliği azaltabilir. Orman yollarının inşası ve bakımı sırasında kullanılan makinelerin toprak işleme faaliyetleri, toprak yapısını bozabilir ve erozyon riskini artırabilir. Özet olarak, orman

yollarının inşası sırasında yapılan ağaç kesimleri ve toprak işleme faaliyetleri, toprak erozyonu ve yıkanması yoluyla çevresel bozulmaya neden olabilir (Özkan & Inaç, 2017; Eker M. , 2020; Gülci, Akgül, Gülci, & Demir, 2021).

Biyçeşitlilik ve ekosisteme verilebilecek zararlar: orman yollarının yapımı ve bakımı, orman ekosistemlerinde habitat kaybına neden olabilir ve özellikle endemik türler için tehlikeli olabilir. Bu dezavantajları alt sınıf olarak, orman ekosistemlerinin bozulması, biyolojik çeşitliliğin azalması ve ekosistem hizmetlerinin zarar görmesi şeklinde görülebilir. Orman yollarının inşası ve bakımı, habitatların parçalanması ve bozulmasına, orman ekosistemlerindeki türlerin yaşam alanlarının azalmasına ve bu türlerin hayatta kalma şanslarının düşmesine neden olabilir (Baysal, Uçarlı, & Bilgili, 2017). Ayrıca, orman yollarının yapımı ve bakımı sırasında toprak erozyonu gibi çevresel etkilerin artması, orman ekosistemlerinin sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir (Yılmaz, 2016). Yapım ve bakım faaliyetleri, orman ekosistemlerindeki biyolojik çeşitliliği azaltabilir ve endemik türlerin yaşam alanlarını daraltabilir. Bu durum, orman ekosistemlerindeki türlerin göç etmesine veya yok olmasına neden olabilir (Aydın & Demir, 2021). Yine yapım ve bakım faaliyetlerinde, ağaç kesimi ve toprak işleri gibi operasyonlar, orman ekosistemlerindeki karbon depolama kapasitesini azaltabilir ve iklim değişikliği ile mücadelede zorluklar yaratabilir (Yaman & Keleş, 2023). Orman yollarının yapımı ve bakımının, orman ekosistemlerinde habitat kaybına ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olabileceği ve özellikle endemik türler için tehlikeli oluşturabileceği açıktır. Bu nedenlerle, orman yollarının planlanması, inşası ve bakımının ekosistem odaklı bir yaklaşımla yapılmasının önemini vurgulamaktadır.

Su kalitesi ve erozyon: Orman yollarının yapımı ve bakımı sırasında erozyon ve su kaynaklarının kalitesi olumsuz etkilenebilir. Orman yollarının su kalitesi sorunlarına neden olan dezavantajları arasında, yapım ve bakım süreçlerinde kullanılan malzemelerin doğal çevreye zarar vermesi, erozyonun artması ve su kaynaklarının kirlenmesi yer almaktadır (Acar, 2005; Akbarimehr & Naghdi, 2012). Orman yollarının inşası ve bakımı sırasında kullanılan malzemelerin doğal çevreye zarar vermesi, özellikle erozyon ve heyelan gibi olumsuz etkilerin artmasına neden olabilir (Zare, et al., 2021). Bu durum, özellikle yağışlı havalarda asfalt kaplamalı yolların erozyon üzerinde daha az etkili olduğu, ancak çukurlu yerel yolların erozyon üzerinde daha yüksek etkili olduğu şeklinde ortaya çıkmaktadır (Akbarimehr & Naghdi, 2012). Ayrıca, orman yollarının su kalitesini olumsuz etkileyen diğer faktörler arasında, yol yapımı ve bakımı sırasında ortaya çıkan kimyasalların (örneğin

pestisitler, böcek ilaçları ve buz çözücüler) suya karışarak su kaynaklarını kirletmesi bulunmaktadır (Coffin, 2007). Orman yollarının planlanması ve inşası, bu nedenlerle su kalitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu etkiler genel itibariyle yanlış malzeme kullanımı, erozyon, kimyasal kirlilik ve su kaynaklarının kirlenmesi olarak özetlenebilir. Bu etkilerin azaltılması için orman yolu yapımı ve bakımı sırasında dikkatli planlama ve çevresel duyarlılık gerekmektedir.

Kaçak avlanma: Orman yolları sürdürülebilir ağaç kesimi ve eko-turizm gibi yasal faaliyetler için erişim sağlayabilir, ancak kaçak avcılık ve yasadışı ağaç kesimi gibi suç unsuru oluşturan faaliyetleri de kolaylaştırabilir. Orman yollarının inşasının kaçak avlanma ve yasadışı ağaç kesimi riskini arttırdığı tespit edilmiştir (Blake, et al., 2007; Clements, et al., 2014). Araştırmalar, ormanlarda yaşayan hayvanların sayısının ve doğal yaşam sınırlarının, yollara yakın yerlerde yoğunlaşan kaçak avcılık nedeniyle tehdit altında olduğunu göstermiştir (Blake, et al., 2007). Jeong ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışma, orman yolu kesim yamaçlarının memelilerin hareketini etkileyen ve kaçak avlanmaya karşı savunmasızlıklarını artırabileceğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, orman yollarının yasal faaliyetler üzerinde olumlu etkileri olabileceği gibi, olumsuz etkileri de kolaylaştırılması açısından da olumsuz etkilere önemli ölçüde negatif katkıda bulunabilir. Orman yollarının yaban hayatı ve ormanlar üzerindeki etkisi, planlama aşamasında yasadışı faaliyetlerle ilişkili riskleri azaltmak için önemle değerlendirilmelidir.

Genel olumsuz etkiler: yangın sıklığının artması, toprak erozyonu, heyelanlar, akarsularda tortu birikimi, su yollarının kirlenmesi, avlanma riskinin artması, toprağın kimyasal özelliklerinde değişiklikler ve orman tabanı bitki örtüsünün kaybı şeklinde sıralanabilir (Ahmed, et al., 2014; Kleinschroth & Healey, 2017; Kastridis, 2020; Girardin, Valeria, & Girard, 2022; Rahbarisisakht, et al., 2021). Ayrıca, yol yapımı doğrudan habitat kaybına, kenar etkilerine ve parçalanmaya yol açarak biyoçeşitliliğin azalmasına ve bitki türlerinin kompozisyonunda ve bitki örtüsü yapısında değişikliklere neden olabilir (Hervé & Vidal, 2007; Ahmed, et al., 2014; Negrín & Arévalo, 2016; Heinrichs, Pauchard, & Schall, 2018; Kohmori, 2019). Orman yollarının inşası ve bakımı da geniş bir orman alanının yok olmasına, ekonomik kayıplara ve çevresel koşullarda değişikliklere yol açabilir (Hayati, Majnounian, & Abdi, 2012; Heidari, Najafi, & Borges, 2022). Ayrıca, orman yolları ormanın parçalanmasına neden olarak büyük ve orta boy memelilerin göçünü ve hareketini etkileyebilir ve bitki topluluklarında ve bitki örtüsü yapısında değişikliklere yol açabilir (Saklaurs & Baltmanis, 2014; Negrín & Arévalo, 2016). Bazı olumlu etkilerine rağmen,

yolların bitki toplulukları üzerindeki olumsuz etkileri büyük endişe kaynağıdır (Bergès, Chevalier, & Avon, 2012). Orman yollarının bitki örtüsü, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi üzerinde zararlı etkileri olabilir ve bu etkileri en aza indirmek için etkin bir planlama yapısına ihtiyaç duyulmaktadır.

1.5. Etkinlik Kavramı

Üretim, girdilerin çıktılara dönüştürüldüğü süreci ifade eder ve bu dönüşümün teknik detaylarına üretim teknolojisi adı verilir (Banker, Charnes, Cooper, & Maindiratta, 1988). Bir üretim sürecinin etkinliği, mevcut teknolojik değişimlerin ışığında belirli bir girdi kombinasyonu kullanarak en yüksek çıktıyı elde etmeye veya belirli bir çıktı kombinasyonunu en az girdiyle üretmeye bağlıdır (Yolalan, 1993; Noon, 2004).

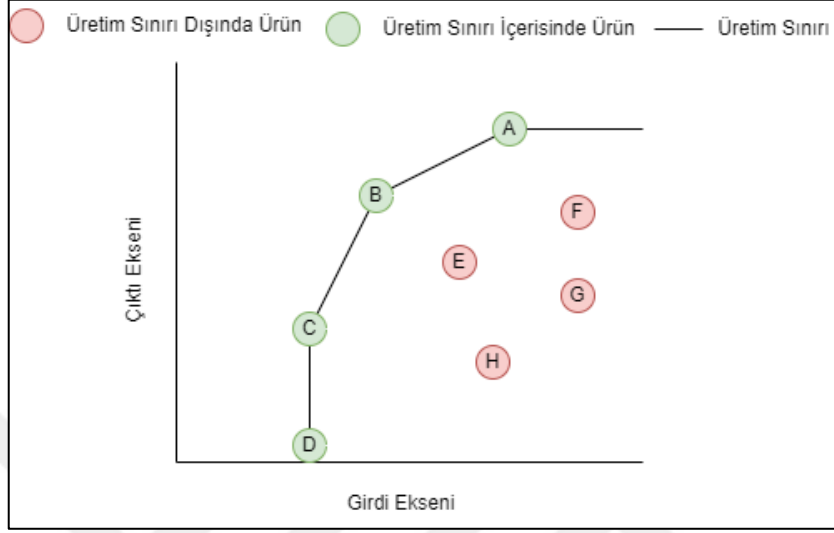
Üretim fonksiyonu, sistemdeki birim zamanda akışa geçen girdinin, elde edilebilecek maksimum çıktı miktarını açıklayan bir ilişki olarak tanımlanır (Hoch & Johnston, 1962). Ekonomik literatürde, girdi ve çıktı arasındaki teknik ilişkiye atıfta bulunulurken üretim fonksiyonu terimi, üretim sınırı yerine kullanılır ve bu iki terim aynı anlamı taşır (Coelli, Rao, & Battese, 1998).

Üretim, belirli bir sınırla çevrili bir yapıya sahiptir. Bu "sınır" terimi, olası gözlemlerin oluşturduğu küme için bir kısıtlama anlamına gelir. Dolayısıyla, üretim, sınırın altındaki noktalarda gerçekleşebilir, ancak sınırın üstündeki noktalarda gerçekleşemez. Bu bağlamda, bir karar biriminin, ait olduğu üretim fonksiyonunun altında kalan miktarı, "göreceli verimlilik" olarak adlandırılır (Aydemir, 2002).

Verimlilik, bireysel, örgütsel veya toplumsal bir amaç olarak ele alındığında, bu amacı benimseyen insanların, kendi ilgi ve konumlarına bağlı olarak verimlilik terimine farklı anlamlar yükledikleri görülür (Akyıldız, 2001). Uluslararası örgütlerin verimlilik tanımları arasında farklılıklar olmasına rağmen, temelde benzerlik gösterirler. Örneğin, Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) verimliliği, çıktının üretim öğelerinden birine bölünmesi olarak tanımlarken, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ürünlerin toprak, sermaye, işgücü ve organizasyonun bileşimi sonucu üretildiğini belirtir. Çevre Koruma Ajansı (EPA) ise verimliliği, her bir üretim öğesinin etkili kullanım derecesi olarak tanımlar (Köroğlu, 1993).

Genel anlamda, verimlilik, bir işletmenin veya örgütün mal ve hizmet üretirken kaynaklarını ne kadar etkili kullandığını ifade eden bir kavramdır. Verimliliği ölçmek için

kullanılan bir yöntem, kullanılan kaynaklar ile elde edilen ürünler arasında oransal bir ilişki kurmaktır. Verimlilik, temelde yapılan faaliyetin girdi ve çıktıların sayısal olarak ölçülebildiği durumları içerir (Türker & Öztürk, 2005).



Şekil 3. Üretim imkanları kümesi ve üretim sınırı

Belirli bir üretim teknolojisinin mümkün kıldığı tüm girdi-çıkı dönüşümleri, Üretim İmkanları Kümesi'ni oluşturur. Şekil 3'te görülen üretim sınırının dışında herhangi bir karar birimini gözlemlemek mümkün değildir, çünkü sınırın ötesi, üretim imkanları kümesinin dışında yer almaktadır (Yolalan, 1993).

Etkinlik, bir işletmenin belirlenmiş stratejik hedeflerine ulaşmak amacıyla gerçekleştirdikleri faaliyetlere ulaşma derecesini belirleyen bir performans boyutudur (Arslan, 2002). Etkinlik en kısa tanım ile şu an var olan girdiyi kullanarak en fazla çıktıyı elde etme şeklinde tanımlanabilir (Şahin & Akkoyuncu, 2019).

Performansın bir ölçüsü olarak kabul edilen etkinlik, bir işletmenin veya örgütün belirlenmiş amaçlarına ve stratejik hedeflerine ulaşma çabalarının sonucunda ortaya çıkar. Etkinlik, hedeflerin ne derecede başarıldığını değerlendirir ve bir faaliyetin planlanan etkisi ile gerçekleşen etkisi arasındaki ilişkiyi gösterir. Kamu sektöründe, mal ve hizmet üretimine ilişkin verimliliği ölçme konusundaki zorluklar nedeniyle, geniş bir perspektifi ifade etmek amacıyla verimlilikten daha geniş bir terim olan etkinlik kullanılmaktadır (Arslan, 2002).

Günümüzde, dünya genelinde ve özellikle Türkiye'de, çağdaş devlet anlayışındaki süreçler ekonomideki kamu sektörünün azaltılmasını, piyasa ekonomisinin güçlendirilmesini ve üretim faktörlerinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını

beraberinde getirmiştir. Bu değişim bağlamında, kamu malı niteliğindeki ormanların etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi de giderek daha önemli hale gelmiştir. Etkinlik değerlendirmesinde hem parametrik hem de parametrik olmayan yöntemler bulunmakla birlikte, en çok tercih edilen yöntemlerden biri veri zarflama analizidir (VZA). VZA, işletmelerin performansını ölçmek için geliştirilmiş doğrusal programlama tabanlı ve parametrik olmayan bir yaklaşımdır.

1.6. VZA ve Girdiye Yönelik Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) Modeli

VZA, işletmelerin ve kamu kuruluşlarının performansını ölçmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. VZA, doğrusal programlama tabanlı ve parametrik olmayan bir yöntem olup, birimlerin performans değerlerini ortaya koyarak en uygun karar verme birimini belirlemektedir. Bu analiz, benzer türden karar verme birimlerinin üretim etkinliklerini değerlendirmektedir ve aynı alanda faaliyet gösteren birimlerin etkinliklerini nitelendiren etmenlerin aynı olması şartını aramaktadır (Charnes, et al., 1994).

VZA'nın temel amacı, girdi ve çıktıları incelenen birimlerin en iyi skora sahip olanlarını seçerek etkin sınırını oluşturmak ve bu sınır üzerinde olmayan birimlerin etkin olmama değerlerini belirlemektir. Bu süreçte, etkin karar verme birimlerinin (KVB) oluşturduğu etkinlik sınırının çiziminde kullanılan zarflama sürecinden dolayı Veri Zarflama adını almıştır (Bayramoğlu & Toksoy, 2017; Yapıcı & Solmaz, 2019). Bu zarflama içerisindeki birimlerin, aynı kararlar ve benzer organizasyonlara sahip olması gereklidir (Bayramoğlu & Toksoy, 2017; Tabak Aydın & Kara, 2022).

VZA'nın girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi sonrasında, etkin üretim sınırının çiziminde belirli adımlar izlenmektedir. Bu adımlar sayesinde, tüm gözlemlerin etkin sınır tarafından zarflaması sağlanmakta ve bu sınırın dışında hiçbir gözlem kalmamaktadır (Depren, 2008; Asker, 2021). VZA'nın etkinlik ölçme şekli iki aşamalı olarak özetlenebilir:

- En az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten gözlemlerin belirlenmesi ve etkinlik sınırının referans olarak kabul edilmesi,
- Etkin olmayan birimlerin etkinlik sınırına olan uzaklıklarının radyal ölçülmesidir (Yolalan, 1993; Evin & Özdemir, 2022).

VZA'nın kullanılabilirliği için seçilen girdi ve çıktı elemanlarının boş olmaması ve her karar birimi için kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, seçilen girdi sayısı m ve çıktı sayısı p

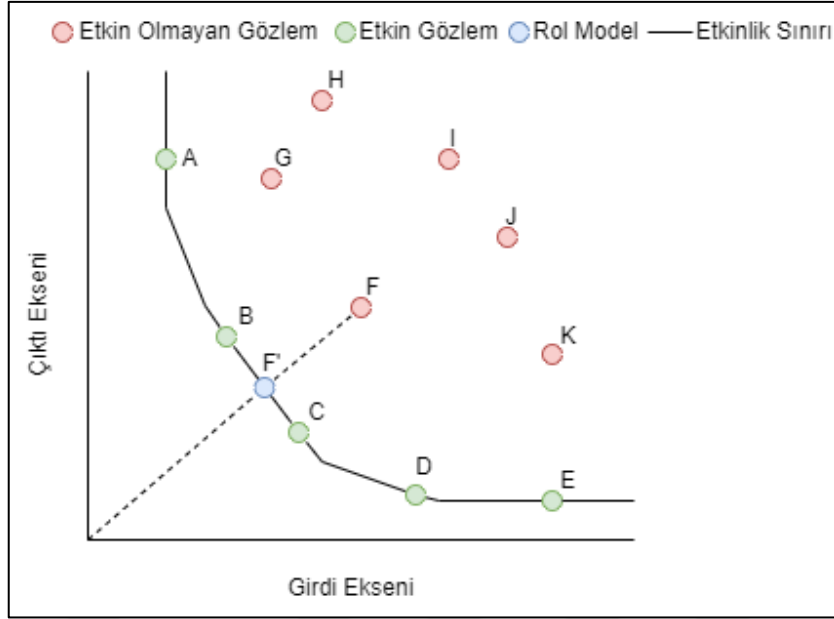
olarak adlandırılırsa, $m+p+1$ tane KVB olması araştırmanın güvenilirliğini arttıran etmenlerdendir (Gündüz, 2015).

VZA CCR Modeli, girdiye yönelik bir model olarak tanımlanmaktadır (Dizkırıncı, 2014). VZA modelleri, genellikle operasyonel ve yönetsel durumların analizinde kullanılmakta olup, girdiye yönelik modellerin tercih edildiği belirtilmektedir (Acer, 2021). Bu model, ölçeğe göre sabit getirili doğrusal programlama problemlerine dış büyüklük kısıtı olan $N_1\lambda=1$ kısıtı eklendiğinde elde edilen girdiye yönelik ölçeğe göre değişen bir VZA modelidir (Öztürk & Engindeniz, 2018). Ayrıca, VZA'da etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına ulaşabilmeleri için girdiye yönelik modeller geliştirildiği belirtilmektedir (Gündüz, 2015). Bu model, ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişen getiri varsayımlarına dayanan CCR ve BCC modelleri olarak incelenebilmektedir (Işık & Koç, 2018). Ayrıca, VZA'nın doğrusal programlama prensiplerine dayanan bir analiz olduğu ve karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini ve performansını değerlendirmek için tasarlanmış faydalı bir teknik olduğu vurgulanmaktadır (Yiğit & Esen, 2017).

Değişken sayısının belirlenmesi sonrasında etkin üretim sınırının çiziminde aşağıda belirtilen adımlar takip edilir:

- Başlangıç konumu belirleme: Yatay eksene paralel olarak yerleştirilen bir doğru, ilk gözleme temas edene kadar yukarıya kaydırılır.
- Pivot noktası belirleme: Gözleme temas edildiğinde, doğrunun sol tarafı, gözlemi bir pivot noktası olarak belirleyerek saat yönünde çevrilir.
- Çevirme işlemi: Çevirme işlemi, yeni bir gözleme temas edilene veya doğrunun sol tarafı düşey eksene paralel olana kadar devam eder.
- İşlem kontrolü: Doğrunun sol tarafı düşey eksene paralel hale geldiğinde, işlem sona erir. Aksi takdirde, ikinci adıma geri dönlür.

Bu adımlar aracılığıyla, etkin sınır tarafından kapsanan tüm gözlemler belirlenir ve sınırın dışında hiçbir gözlem bırakılmaz. Zarf içinde kalan gözlemler, zarf üzerindeki gözlemlerin doğrusal kombinasyonları ile oluşturulabilecek hipotetik gözlemlerden daha düşük performans gösterir (Tarım & Karan, 2001).



Şekil 4. Etkinlik sınırı ve rol model

Şekil 4'te gösterildiği gibi, etkin sınırını oluşturan A, B, C, D ve E gözlemleri zarf şeklini almıştır. F, G, H, J ve K gözlemleri ise etkin sınırının dışında kalmaktadır. Etkinlik sınırı 0-1 aralığında olduğu göz önüne alındığında, A, B, C, D ve E gözlemlerinin etkin olduğu görülmektedir. Zarf içerisindeki F, G, H, J ve K gözlemleri ise etkin değildir. Etkin olmayan bu gözlemlerden F gözlemi kendisine etkin olan B ve C gözlemlerini referans seçecektir. Daha sonra bu noktaların arasındaki F''yi rol model seçerek etkin duruma gelecektir.

VZA, doğrusal programlama yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olarak kabul edildiği için, genel doğrusal programlama modelleri için geçerli olan özellikler VZA modelleri için de geçerlidir. VZA modelleri, sınırlayıcı kısıtlar altında bir amaç fonksiyonu ile değişkenleri maksimize veya minimize etmeyi hedefler, bu da sınırlı kaynakların etkin bir şekilde kullanımını amaçlar. Doğrusal programlama için öne çıkan özellikler olan kesinlik, orantı, toplanabilirlik, bölünebilirlik ve negatif olmama varsayımları, VZA modelleri içinde de geçerlidir (Oruç, 2008).

VZA'nın uygulanabilmesi için belirli adımlar şu şekilde sıralanabilir:

- Karar verme birimlerinin belirlenmesi: İlk adım, analiz edilecek karar verme birimlerini tanımlamak.
- Girdi ve çıktı kümesinin belirlenmesi: İlgili girdi ve çıktı kümelerinin belirlenmesi, analiz için temel oluşturur.

- VZA ile görelî etkinlik ölçümü: Görelî etkinlik ölçümü, analiz edilen birimlerin performansını değerlendirmek için kullanılır.
- Her karar birimi için detay analizi: Her bir karar biriminin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve performansının değerlendirilmesi.
- Sonuçların değerlendirilmesi: Elde edilen sonuçların genel bir değerlendirmeye tabi tutulması.

VZA modellerinde, bir KVB'nin etkin olabilmesi için iki temel şart bulunmaktadır. Bu şartlara uyan birimlerin etkinlik skoru T'e eşittir. Bu şartlar şunlardır:

- Hiçbir çıktının değeri, bir veya daha fazla girdinin değeri artırılmadan veya bir veya daha fazla çıktının değeri azaltılmadan arttırılamaz.
- Hiçbir girdinin değeri, bir veya daha fazla girdinin değeri artırılmadan veya bir veya daha fazla çıktının değeri azaltılmadan düşürülemez (Özyiğit, Serarslan, & Karsak, 2008).

VZA'da, zarflama şekli ve etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre farklı modeller tanımlanmıştır (Paradi & Schaffnit, 2004).

Zarflama şekli ile ilgili olarak:

- 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından Ölçeğe Göre Sabit Getiri (CRS) varsayımı altında modeller geliştirilmiştir.
- 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından Ölçeğe Göre Değişken Getiri (VRS) varsayımı altında modeller tanımlanmıştır.

Etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre ise:

- Girdiye yönelik modeller (çıktı seviyesini değiştirmeden, girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran model)
- Çıktıya yönelik modeller (girdi seviyesini değiştirmeden, çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran model) şeklinde farklı VZA modelleri tanımlanmıştır.

BCC modeli ile ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik değerleri, CCR modeli ile ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik değerlerine eşit veya daha büyük değerler sunmaktadır (Delikdaş, 2002).

CCR modeli, çıktı seviyesini değiştirmeksizin en etkin çıktı düzeyini elde etmek amacıyla girdi bileşimini azaltmanın gerekliliğini inceleyen bir model olarak tanımlanır. Temelde kesirli programlama modelini temel alan CCR modelinin formülasyonu aşağıdaki gibidir. Bu bölüm Onaran (2006), Yaşa (2008), Deniz (2009) ve Kecek (2010)

çalışmalarından esinlenilerek oluşturulmuştur. Girdiye yönelik kesirli programlama modeli aşağıdaki şekilde kurulmaktadır.

$$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$u_{rk} \geq \epsilon, v_{ik} \geq \epsilon \quad r = 1, \dots, s, t = 1, \dots, m$$

ϵ : Yeterince küçük pozitif bir sayıyı (0,0000001) göstermektedir.

İncelenen sistemde, s tane çıktı faktörü ve m tane girdi faktörü kullanılmıştır. N tane karar birimi içinden karar birimi k'nın $k=1, \dots, N$, kullandığı girdi i, $i=1, \dots, m$, miktarı X_{ik} ve ürettiği çıktı miktarı r, $r=1, \dots, s$, miktarı Y_{rk} , x_{ij} : j. karar biriminin kullandığı i. girdi miktarı, y_{rj} : j. karar biriminin kullandığı r. çıktı miktarı, olarak tanımlanmıştır (1).

Etkinlik değerinin hesaplanmasında kesirli programlama modeli kullanılmamaktadır. Girdi ve çıktı sayılarının fazla olduğu durumlarda model çözümü kesirli programlama modeli için çok daha zor olacaktır. Bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından (1981) yılında kesirli programlama modelini, doğrusal modeline dönüştürmek için bir transformasyon işlemi kullanılmıştır (Çekin, 1999). Dönüşümde, amaç fonksiyon paydası normalize edilmiş ve 1'e eşitlenmiştir. Doğrusal programlama modelinde $\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1$ şeklinde kısıtların olduğu yere yerleştirilme yapılmış, Eşitlik (1)'de modelinin kısıtının her iki tarafı payda ile çarpılarak yeni kısıt elde edilmiştir. Çarpan modeli (MI) olarak da adlandırılan bu model simplex algoritması yardımıyla çözülebilir (Charnes, et al., 1994; Tarım & Karan, 2001).

Eşitlik (2) ile verilen modelin çözümüne bakıldığında, k karar biriminin etkinliği ölçülmektedir. k karar birimi için $\theta^* = 1, v_{ik}^* > 0$ ve $u_{rk}^* > 0$ olmak üzere en az $v^* u^*$ olacak şekilde optimal çözüm varsa KVB etkindir. Etkin olmayan KVB için $j \in \{1, 2, \dots, N\}$ ve $E_k = \{j : \sum_{r=1}^s u_{rk}^* y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_{ik}^* x_{ij}\}$ olacak şekilde bir E_k kümesi tanımlanırsa, bu küme karar birimi k için referans küme olacaktır.

$$\begin{aligned}
Max \theta_k &= \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} \\
\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, N \\
u_{rk} \geq 0, v_{ik} \geq 0 \quad r &= 1, \dots, s, i = 1, \dots, m
\end{aligned} \tag{2}$$

Bu küme aynı zamanda etkinlik sınırını oluşturan kümenin bir alt kümesidir. Her ne kadar bulunan ağırlık değerleri karar birimi k için seçilmiş olsalar da başka karar birimleri için bu ağırlıklar daha uygun olabilmektedir. Kısıtın her iki tarafını eşitleyerek etkinlik değerini 1 olarak değerlendirebilir. Bu tip karar birimi sınır üzerinde yer alarak k karar birimi için rol modellerini tanımlar. Bu durumda etkin olmayan karar birimi k, girdilerini belirli bir oranda azaltarak kendisine referans olan karar birimlerinin doğrusal kombinasyonlarını kullanarak etkin olabilecek hipotetik karar birimine benzemeye çalışacaktır (Kaynar, 2004).

Her lineer programlamanın kendisine ait bir ikiz problemi vardır. İlk problem "primal" olarak adlandırılırken, ikinci problemine ise "dual" adı verilir. Hem primal hem de dual problemlerin optimal çözüm değerleri birbirine eşittir. Bazı durumlarda, özellikle belirli lineer programlama modellerinde, primal model yerine dual modelin kullanılması daha az hesaplama gerektirebilir (Öztürk, 2003). Eşitlik ((3)'te sunulan çarpan modelinin dual formu, daha az kısıt içermesi ve yönetimsel öneme sahip bilgiler içermesi nedeniyle incelenmeli ve vurgulanmalıdır. Bu model, zarflama modeli olarak da bilinir ve aşağıda açıklanmıştır.

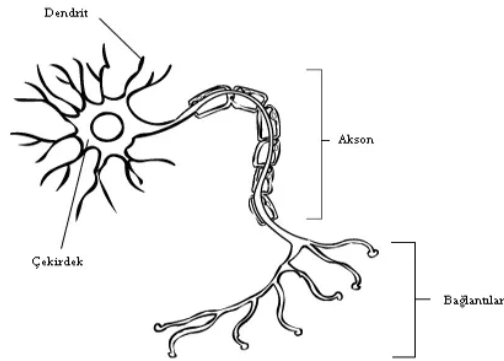
$$\begin{aligned}
\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_{jk} - s_{ik}^- &= 0 \quad i = 1, \dots, m \\
\sum_{j=1}^N y_{rj} \lambda_{jk} &= y_{rk} + s_{rk}^+ \quad r = 1, \dots, s \\
s_{ik}^*, s_{rk}^{**}, \lambda_{tk} &\geq 0, \theta \text{ kısıtsız} \quad j = 1, \dots, N
\end{aligned} \tag{3}$$

Θ etkinlik skorunu gösterirken, λ_{jk} değişkeni ise referans kümenin belirlenmesinde kullanılır. $\lambda_{jk} > 0$ olan karar birimleri etkin olarak değerlendirilir. Bu karar birimleri, etkin olmayan karar birimleri için referans kümesini oluştururlar. Genellikle, eğer k etkin ise, dual değişken, λ_{kk} 'nın değeri de 1'e eşit olmaktadır. Doğal olarak referans kümesindeki tek karar biriminde kendisi bulunmaktadır. Modelde yer alan s_{ik}^- ve s_{rk}^+ değişkenleri ise, sırasıyla girdilerdeki fazlalığı ve çıktılardaki eksikliği gösteren aylak değişkenlerdir (Tarım & Karan, 2001).

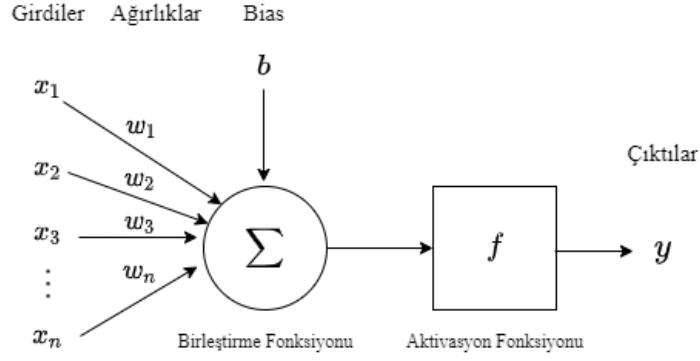
Temel anlamda VZA, birden çok giriş ve çıkışa sahip olan karar birimlerinin göreceli etkinliğini ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. VZA, en iyi uygulama sınırında olan KVB'leri birim puan olarak tanımlar (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1979). VZA modeli, etkinliğin ölçülmesinin yanında halen geliştirilen bir model yapısıdır (Andersen & Petersen, 1993). VZA'da girdiler ve çıktılar arasında girdi tasarrufu veya çıktı fazlalığı ortaya konabilir. Bu durum etkinlik analizinde her KVB için ve her değişken için önem arz eder (Lee, Chu, & Zhu, 2011).

1.7. Yapay Sinir Ağlarına Genel Bakış

Yapay sinir ağı (YSA) biyolojik sinir hücrelerinin yapısından esinlenerek tasarlanmış, beynin bilgi işleme modelini simüle ederek birbirine bağlı çok sayıda düğümden oluşan doğrusal olmayan (non-linear) bir hesaplama modelidir (Ding, Jia, Su, Zhang, & Shi, 2008). Bir başka deyişle YSA beynin öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesidir.



Şekil 5. Biyolojik Sinir Hücresi (Mohammed, et al., 2018)

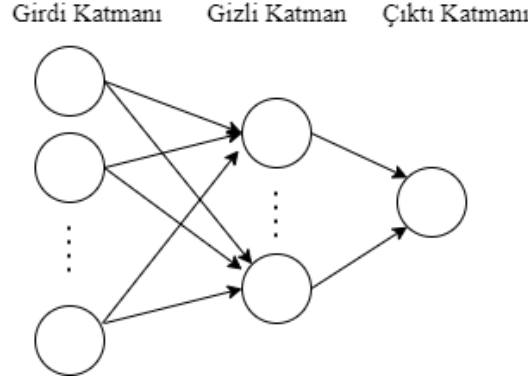


Şekil 6. YSA Hücresi

Biyolojik sinir hücresinde uçlarda yer alan dentritler bağlı oldukları diğer nöronlardan gelen sinyalleri alarak çekirdeğe iletmektedirler (Şekil 5). Çekirdekler dentritlerden gelen sinyalleri toplamaktadırlar. Yeterli sinyal alındığında hücre aktifleşir ve sinyaller aksonlar aracılığıyla başka nöronlara iletilmektedirler (Islam, Chen, & Jin, 2019). YSA hücreleri de biyolojik sinir hücreleri gibi çalışmaktadırlar. YSA hücresindeki girdiler biyolojik sinir hücrelerindeki nöronlara karşılık gelmektedir. Gelen veriler toplanarak birleştirme fonksiyonuna iletilmektedirler. Girdiler birleştirme fonksiyonuna iletilmeden önce belirli ağırlıklarla çarpılır ve bias değeri eklenmektedir (Şekil 6). Ağırlıklar sayesinde girdilerin çıktı üzerindeki etkisi değişebilmektedir. Birleştirme fonksiyonu ile toplanan veriler aktivasyon fonksiyonuna iletilirler. Aktivasyon fonksiyonu gelen veriyi işleyerek hücrenin üreteceği çıktıyı belirlemektedir (Skapura, 1996). Aktivasyon fonksiyonu Eşitlik (4)'te gösterilmiştir.

$$y = f(b + \sum_i w_i x_i) \quad (4)$$

YSA katman sayısına göre tek katmanlı ve çok katmanlı olarak incelenebilir. Tek katmanlı yapay sinir ağlarında gizli katman bulunmazken çok katmanlı yapay sinir ağlarında bir ya da daha fazla gizli katman bulunmaktadır (Singh & Banerjee, 2019). Çok katmanlı bir YSA giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır (Itchhaporia, Snow, Almassy, & Oetgen, 1996). Şekil 7'de çok katmanlı YSA mimarisi gösterilmektedir.



Şekil 7. Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Veriler yapay sinir ağı mimarisine girdi katmanı ile alınır. Alınan veriler gizli katman ya da katmanlara iletilir. Gizli katman sayısı ve nöron sayıları çalışmaya bağlı olarak farklılık gösterebilir. Her veri kendi bağlantısı üzerindeki ağırlıkla çarpılarak bir sonraki katmana iletilir. Çıktı katmanına gelen sinyaller toplanarak aktivasyon fonksiyonundan geçirilir ve ağıın çıktısı elde edilmiş olur (Mitrea, Lee, & Wu, 2009).

1.8. Literatür Özeti

VZA, ormancılık sektöründe etkinliği ölçmek ve veriye dayalı kararlar almak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Strange, et al., 2021). Slovakya (Kovalčík, 2018), Çin (Zeng, et al., 2021) ve İtalya (Toma, et al., 2020) gibi çeşitli ülkelerdeki ormancılık işletmelerinin etkinliğini değerlendirmek için uygulanmıştır. VZA'nın ormancılıkta kullanımı, ormanlık alanın enerji ve sağlık etkinliği üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi (Lu, et al., 2020) ve ormancılık yatırım etkinliğinin ölçülmesi (Zeng, et al., 2021) gibi çeşitli uygulamalara uzanmaktadır. Ayrıca, devlete ait ormancılık işletmelerinin ekonomik etkinliğini ölçmek için Ning vd. (2018) ve Lin vd. (2021) Çin'deki ormancılık çıktı etkinliğinin zamansal ve mekansal dağılımını analiz etmek için VZA kullanmıştır.

Ormanların sunduğu hizmetlerin piyasa değerinin belirlenememesi problemine çözüm amacıyla Kao ve Yang (1991) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Tayvan'da 1978-1987 yıllarının verileri kullanılarak 13 doğal orman bölgesinin teknik etkinliği ölçülmüştür. Çalışmada dört girdi (hektardaki odun üretim miktarı, hektar başına üretilen odun dışı orman ürünlerinin parasal değeri, toprak koruma ve hektardaki yıllık ziyaretçi sayısı) ve dört çıktı (hektar başına yıllık bütçe, başlangıç yılında hektardaki servet miktarı, hektarda kullanılan işgücü sayısı ve arazi büyüklüğü) değişkeni kullanılmıştır.

Shiba (1997), ormancılık faaliyetlerindeki yönetsel ve teknik performans etkinliğini değerlendirmek amacıyla veri zarflama analizi kullanmıştır. Çalışma, Japonya'daki 28 Orman Sahipleri Birliği'ne ait 1991-1994 finansal verilerin ortalamasına dayanmaktadır. Toplam 19 değişkenin kullanıldığı üç farklı etkinlik modelinde 16 girdi ve üç çıktı bulunmaktadır. Girdiler arasında orman sahipleri birliği toplam üye sayısı, toplam çalışan sayısı, 50 hektar ve üzerinde orman sahibi sayısı, toplam devamlı orman işçisi sayısı, toplam yatırım gideri, birliğin yetki alanındaki ormanlık alan, toplam maliyet, aktifler toplamı, üretimde kullanılan makine sayısı, 50 kw üstündeki kereste makinesi sayısı, toplam depo alanı, toplam odun üretimi, toplam ormanlaştırılan alan, toplam açılan alan, toplam tomruk üretimi bulunmaktadır. Çıktılar ise toplam hasılat, toplam net kar ve orman sahipleri birliğindeki toplam çalışan sayısıdır.

Viitala ve Hannien (1998)'de yaptıkları bir çalışmada, 19 bölgesel ormancılık kuruluşunun etkinliğini VZA kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada 1 girdi ile 15 çıktı değişkeni kullanılmıştır. Tek girdi olarak toplam maliyet kullanılırken, çıktılarda planlanan ve kontrol edilen yol miktarı da değişkenler arasında kullanılmıştır.

Kao'nun (1998) çalışması, Tayvan'daki 8 farklı orman bölgesinde ve 34 çoklu çalışma serisinde gerçekleştirilmiştir. Çoklu çalışma serileri kullanılarak ormanların etkinliği ölçülmüştür. Araştırmada, toplamda 7 değişken bulunmaktadır. 4 tane girdi değişkeni ve 3 tane çıktı değişkeni bulunmaktadır. Girdi değişkenleri odun üretimi miktarı, toprak koruma alanları ve rekreasyon alanları yer almaktadır. Çıktı değişkenleri ise alanın büyüklüğü, alan içindeki toplam personel sayısı, toplam masraflar ve döneme ait stok miktarıdır.

Kao (2000) çalışmasında, Tayvan'da 1989 ve 1992 yıllarındaki sekiz doğal orman bölgesinin etkinlik değerlerindeki değişim, VZA ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) indeksi ile çözümlenmiştir. Çalışmada, üç çıktı ve dört girdi değişkenden yararlanılmıştır. Kullanılan çıktı değişkenler, hektardaki odun üretim miktarı, toprak koruma, hektardaki yıllık ziyaretçi sayısı olup, girdi değişkenler arazi büyüklüğü, hektarda kullanılan iş gücü sayısı, yıllık masraflar, servet miktarıdır. Araştırmada, Malmquist TFV indeksinin daha kullanışlı olduğu belirtilmektedir.

De Luca Cardillo ve Fortuna (2000)'de VZA'nın farklılaştırılmış bir modeli ile kısıtlamalar ve ağırlıkları kullanarak metodoloji ve teori ortaya koymuşlardır. Bu teori ile kişisel isteklere göre yolların VZA gibi yöntemlerin kullanılabileceğini kanıtlamışlardır. Bu metodolojiye göre, baskın olan yol verilerinin fazla olması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Korkmaz (2011) çalışmasında Akdeniz Bölgesindeki 37 adet Devlet Orman İşletmelerinin üretim etkinliğinin VZA yardımıyla ölçülmesi çalışmasında 8 girdi (ormanlık alan, verimli orman alanı, sermaye, toplam alan, üretim maliyetleri, çalışan giderleri, teknik eleman miktarı ve toplam çalışan sayısı) ve 4 çıktı (üretim miktarı, satış gelirleri, satış miktarı ve katma değer) değişkeni kullanılmıştır.

Şafak vd. (2013) çalışmalarında orman işletmelerinde etkinliğin ortaya konması amacıyla bulanık VZA modelinin kullandıkları çalışmada, orman alanında yaşayan toplam nüfus, toplam yangın söndürme su tankeri, silvikültür çalışmalarına harcanan toplam maliyet, genel üretim gideri, toplam işçi sayısı, yıllık izin verilen kesim miktarı, ormanlık alan olmak üzere 7 adet girdiye sahip alanlar ile toplam orman yolu miktarı, endüstriyel odun hasadı miktarı, dikili satış miktarı, resmi yazılı suç raporları sayısı, toplam yanmış alan, silvikültür çalışmalarına toplam miktarı, ormanlık alandaki izin sayısı olmak üzere 7 adet çıktıya sahip alanlar bulanık VZA ile incelemişlerdir ve orman işletme şefliklerinin etkinlik skorları ortaya koymuşlardır.

Kara vd. (2013) çalışmalarında, 4 adet Orman İşletmesine ait üretim parametreleri, finansal analizi ve varlık durumuna ait faaliyetleri değerlendirmek üzere farklı modeller ortaya koymuşlardır. Bu modellerde toplam altı girdi (dikili kabuk gövde hacmi, verimli orman alanı, dikili ağaç satışları, toplam personel sayısı, döner sermaye toplam gideri ve silvikültürel alanı) ve üç çıktı (dönem karı/zararı, üretim miktarı ve dikili ağaç serveti) değişkeni ile VZA kullanmışlardır.

Bayramoğlu (2013) çalışmasında, Doğu Karadeniz Bölgesinde 21 devlet orman işletmesi bünyesinde optimal işletme büyüklüğünü bulmak amacıyla VZA kullanmıştır. Bu analizde 5 adet girdi ve 3 adet çıktı değişkeni (üretim miktarı, satış miktarı ve toplam gelirler) kullanılarak, etkin durumda olan orman işletmeleri belirlenmiş, etkin olmayan orman işletmeleri için öneriler geliştirilmiştir.

Zadmirzaei vd. (2016)'da ormancılık yönetim parametrelerinin amacı ile yaptıkları çalışmada, hektar başına metreküp miktarı, ağaçlandırma sahası, yol yapım maliyeti, ormanlık alanı şeklinde 4 girdi ve tomruk hasat geliri ve üretimden sonra kalan hektar başına metreküp miktarı şeklinde 2 çıktı kullanılarak veri zarflama analizi kullanılmıştır.

Yeni Zelanda'da ormancılık üretim işlerinde operasyonel etkinliğin ve performansın ölçülmesi amacıyla yapılan bir çalışmada (Obi & Visser, 2017) veri zarflama analizi kullanılmıştır. 8 tane girdi değişkenleri; üretim günleri, makine miktarı, üretim alanı, üretim sorti sayısı, taşınan emval miktarı, toplam çalışan işçi sayısı, taşınan parça sayısı ve taşıma

uzaklığı, 1 tane çıktı değişkeni saatte taşınan emval miktarının ton değeri (verimliliği) kullanılmıştır.

Rybczewska-Błazejowska ve Masternak-Janus, (2018)'de sürdürülebilir orman yönetiminin etkinliğinin ölçülmesi için Polonya'da yaptıkları çalışmada; ormanlık alan, hektardaki orman stoku, meşcerelerin yaş ortalaması, ortalama yaprak dökümü, 20 yaşından küçük ağaçların gördüğü zarar faktörü, biyotik faktörlere karşı koruma faktörlü meşcereler, yapraklı ağaç meşcere yüzdesi, ibreli ağaç meşcere yüzdesi, tohum bahçeleri olmak üzere 8 adet girdiye sahip alanlar ile orman hasatı, korunan alanlar, ortalama toplam ücret, karışık orman kuruluşları olmak üzere 3 adet çıktıya sahip alanlar VZA ile incelenmiştir. Bu incelemede, orman hasadı, korunan ormanlar, ortalama işçi ücreti ve karışık orman kuruluşlarına göre modeller oluşturulmuştur. Bu çok farklı yapıların aynı amaca hizmet eden etkinliklerini ortaya konması açısından önemlidir.

Lundmark vd. (2021)'de orman ürünlerinin hasadı teknolojilerine odaklanmıştır. Belirli girdi ve çıktı değişkenlerinin oluşturmuş olduğu üretim teknolojilerini 2 basamağa ayırmışlardır. Bu basamaklar arasında da bir etkinlik ağı bulmuşlardır. Bu etkinlik ağı üzerinden, ulaşılabilir ve sürdürülebilir etkinlik iyileştirmelerini analiz etmek için VZA kullanmışlardır.

Lin vd. (2021)'de Çin'de ormancılık çıktı verimliliğinin zamansal ve mekânsal dağılımını araştırmıştır. Sabit varlıklar, istihdam edilen personel şeklinde iki adet girdi ile toplam orman çıktıları, odun hasadı çıktıları başta olmak üzere toplam beş çıktı kullanmışlardır. Çin için bölgesel etkinlik değerlerini ortaya koymuşlardır.

Akay (2023)'de bazı ormancılık faaliyetlerinin etkinliğini ölçmek amacıyla VZA kullanmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'de 28 adet orman bölge müdürlüğünde (OBM) 2015-2020 yılları arasında olan bazı girdi ve çıktı değerlerinin ortalamaları alınmıştır. İşçi sayısı, orman alanı, orman emvali, kesim miktarı, yol uzunluğu, bakım yapılan yol olmak üzere 6 girdi ile yapacak odun üretimi ve yakacak odun üretimi olmak üzere iki çıktı değişkeni kullanarak etkinlik değerleri ortaya konmuştur.

Ada (2011)'de, orman yollarının yönetiminde kullanılan göstergeleri ele almaktadır. Bu çalışmaya göre, orman yollarının sadece ağaçların üretime tabi tutulduğu bir alanı değil, aynı zamanda ekosistemlerin bütünlüğünü, ekonomik getiriye, toplumsal etkileşimi ve teknik gereklilikleri içeren bir sistem olarak ele almak gerekmektedir.

Orman yolu planlama ve yönetimine dair geniş bir anlayışın temelini oluşturarak, bu alan üzerine yapılan çalışmalara yeni bir bakış açısı getirme amacı ile göstergeler ve

değişkenler belirlenmelidir. Bu nedenlerle orman yollarının ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik etkinlik senaryolarını oluşturmak için değişkenler ve değişkenleri oluşturulan göstergeler önemlidir.

Gümüş (2017)'de orman yollarının değerlendirilmesinde katılımcı yaklaşım ile analitik hiyerarşi metodunu kullanmıştır. Bu çalışmada, kaynakların etkin kullanımından daha çok farklı paydaş gruplarının algı ve farklılıkları değerlendirilmiştir. 3 farklı paydaş grubunun orman yollarının çevresel sorunlarını teknik özelliklerinden daha fazla öne çıkarttığı görülmektedir.

Orman yollarının planlanmasında ve inşa edilmesinde birçok fonksiyonun göz önünde bulundurulması gereklidir. Aktif kullanımda olan orman yollarının kalite sınıflarının puanlandırılması yöntemi ile bazı orman yollarının etkinlikleri ölçülmeye çalışılmıştır (Acar & Ünver, 2007; Ünver, 2013). Ancak bu değerlendirmeler, kısa vadede yapılacak olan ormancılık faaliyetleri için uygulanabilir durumdadır. Ormancılık faaliyetlerini planlama ise uzun vadeli planlar ile mümkündür. Diğer yandan bu çalışmalar belirli bir ölçek ile değerlendirilememiş, öznelliğe açık yapıdadır.

1.9. Çalışmanın Amacı ve Özgün Değeri

Bu tez çalışmasının temel odak noktası, orman yollarının teknik ve geometrik standartlarının yanında, ekolojik, ekonomik ve sosyal etkenleri içeren bir etkinlik ölçüt düzenini belirlemektir. Literatür incelendiğinde, orman kaynaklarının etkin kullanımına dair birçok modelin Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle ele alındığı görülmektedir (Çalışkan, Bediroğlu, & Yildirim, 2019; Gümüş, 2017; Acar, Dursun, Gulci, & Gümüş, 2017; Çalışkan, 2017; Arabatzis, et. al., 2024). Ancak, orman yollarının inşası ve planlamasıyla ilgili olarak veri zarflama analizi üzerine odaklanmış çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Bu çalışma, alanında öncü bir çalışma olup, gelecek çalışmalara altlık oluşturmayı hedeflemekte ve orman yollarının planlanması ve inşasında kamu kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasına katkı sağlamayı amaçlamıştır.

Çalışmanın özgün katkıları arasında, orman yollarının inşa sürecine geçilmeden önce planlama aşamasında kamuya ait kaynaklara olan (biyorezervler, ormanlar, biyolojik çeşitlilik, sucül alanlar vb.) olumsuz etkileri en aza indirmektedir. Bu durum, sürdürülebilir ormancılık uygulamalarının önemli bir bileşeni olan orman yollarının, çeşitli fonksiyonları ve etkilerini dikkate alarak planlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın temel araştırma konuları, "Orman yollarının planlama sürecinde fonksiyonel duruma bağlı olarak etkinlik skorları nelerdir? Etkin olmaları için hangi kaynakların ne kadar değişmesi gerekmektedir?" Bu kapsamda, orman yollarının sadece teknik ve geometrik standartları değil, aynı zamanda ekonomik, ekolojik ve sosyal değişkenlere dayalı etkinlik düzeylerini belirlemek hedeflenmiştir. Orman yollarının planlanması ve inşa edilmesinde 292 sayılı "Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı" tebliğ kullanılmaktadır. Bu tebliğde yolların planlanması yalnızca üretim kaynaklı olarak yapılmaktadır. Üretim, ormanlardan elde edilen emvallerin ormanlardan çıkartılması ile ölçülmektedir. Günümüzde küresel iklim değişikliği ve etkilerinin azaltılması noktasında ormanların sağlamış olduğu ekosistem servisleri (karbon birikimi, su üretimi, erozyonu önleme vb.) ile orman kaynaklarının varlığı önemli bir konu haline gelmiştir. Bu kapsamda orman yollarının farklı birçok değişken ile birlikte değerlendirilmesi ve planlanması gerekmektedir. Çalışmada izlenen adımlar şunlardır:

- Çeşitli değişkenlere bağlı etkinlik düzeylerinin belirlenmesi: Orman yollarının etkinlik düzeyleri, sadece teknik ve geometrik değil, ekonomik, ekolojik ve sosyal girdi ve çıktı değişkenleri temel alınarak belirlenmiştir.
- Mevcut yolların etkinlik analizi ve iyileştirme çalışmaları: Mevcut orman yollarının etkinlik düzeyleri incelenmiştir ve bu yolların daha sağlıklı ve sürdürülebilir hale getirilmesi konusunda çalışmalar yürütülmüştür. Analiz sonuçlarına dayanarak güncel tutulabilen çalışmalar ve iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.
- Optimal kaynak kullanımı için orman yolu etkinliklerinin belirlenmesi: Ormancılık faaliyetlerine bağlı, orman kaynaklarının optimal düzeyde kullanımı için orman yollarının etkinlikleri ortaya konulmuştur.
- Etkinlik düzeylerinin paket program haline getirilmesi: Belirli girdi ve çıktı değişkenlerin belirlenmesiyle orman yollarının etkinlik düzeyi, planlama aşamasında uygulanabilecek bir paket program haline getirilmiştir.
- Orman yolu tasarımının belirli faktörlere bağlı olarak yapılması: Etkinlik skorlarını belirleyen paket program ile belirli girdi ve çıktı değişkenlerine bağlı yeni planlanan orman yollarının tasarımları incelenmiştir.

Bu adımlar, orman yollarının planlanması ve inşasında kamu kaynaklarının daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına yönelik kapsamlı bir çerçeve oluşturmuştur.

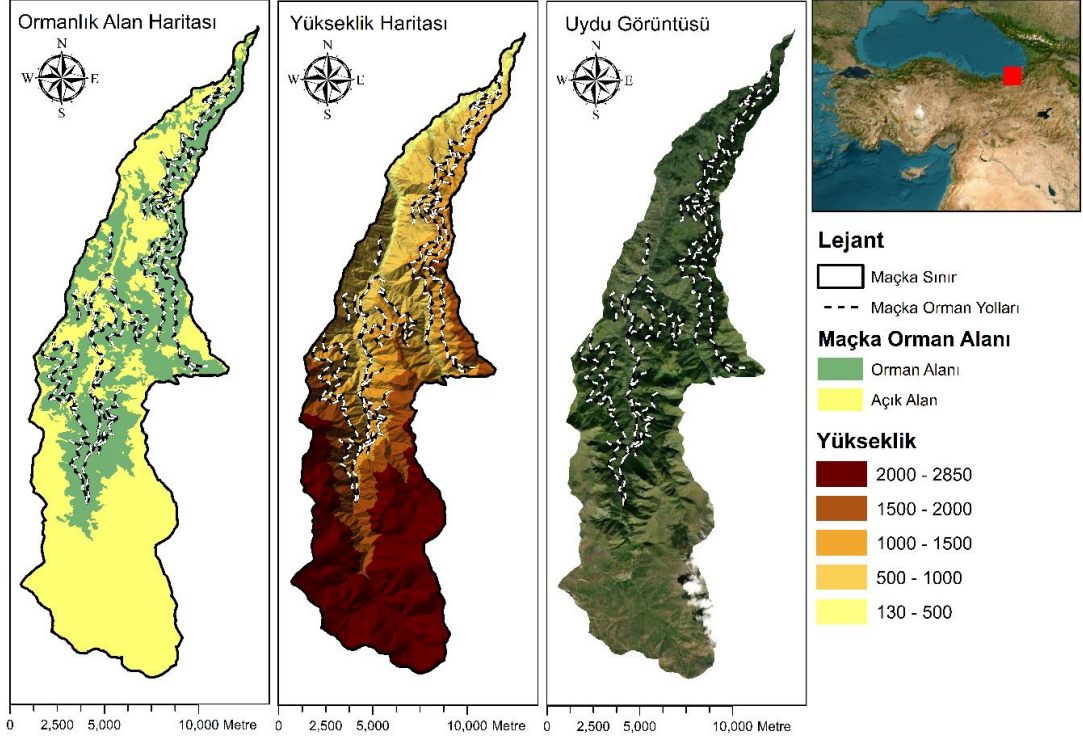
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasında orman yollarının ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik fonksiyonlara bağlı etkinlik skorları incelenmiştir. Bu bölümde kullanılan materyal ve yöntemler tanıtılmış ve iki ana başlıktan meydana gelecek şekilde düzenlenmiştir. İlk ana başlık altında; araştırma alanı tanıtılmış, kullanılan veri kaynakları hakkında bilgi verilmiş, kullanılan platformlar hakkında bilgi verilmiştir. İkinci ana başlık altında; araştırmanın tasarımı ortaya konmuş, yukarıda bahsedilen fonksiyonlara bağlı değişkenler belirlenmiş, arazi çalışmaları ve kullanılan platform ile oluşturulan modeller hakkında bilgi verilmiş, verilerin ölçeklendirilmesi, kısıtlanması ve normalizasyonu anlatılmış, VZA'nın CBS ile entegrasyonundan bahsedilmiş, VZA ile elde edilen etkinlik skorlarının online harita sistemleri ile entegrasyonu açıklanmış ve tüm analizin performans analizinin nasıl gerçekleştirildiği açıklanmıştır.

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma için Trabzon OBM sınırları içerisinde faaliyet gösteren Maçka Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) Maçka Orman İşletme Şefliği (OİŞ) seçilmiştir. Araştırma alanı greenwich başlangıç meridyenine göre: 32° 51.4187''- 44° 26.2496'' doğu boylamları ile ekvatora göre 52°54.0327'', 32°39.2090'' kuzey enlemleri arasındadır. Maçka bölgesinin denizden en yüksek yeri 2.821 metre rakımla güney doğu ucuna yakın Murat Tepesidir. Plan ünitesi mülki bakımdan Trabzon ili, Maçka İlçesi sınırları içerisinde olup, idari bakımdan Trabzon OBM, Maçka OİM, Maçka OİŞ tarafından işletilmektedir. Plan ünitesinin batısında Yeşiltepe OİŞ, İpekyolu OİŞ, doğusunda Esiroğlu OİŞ, Meryemana Araştırma Ormanı, Altındere Vadisi Milli Parkı, güneyinde Torul OİM'e bağlı Torul Orman İşletme Şefliği ile çevrilidir.



Şekil 8. Çalışma alanı orman alan haritası, yükseklik haritası ve uydu görüntüsü

Maçka OİŞ'ye ait ormanlık alanı 18.180,60 hektardır. Araştırma sahasının toplam nüfusu 24.869 olup, toplam orman yolu uzunluğu da 137,844 km'dir (OGM, 2022d). Ormancılık faaliyetlerinin en yoğun gerçekleştirildiği bölgelerden biri olması nedeniyle çalışma kapsamında araştırma sahası olarak seçilmiştir (Şekil 8). Maçka OİŞ sınırları içinde bulunan 153,75 km köy yolu da eklendiğinde, toplam 291,60 km yol bulunmaktadır. Ormancılıkta istenen hizmetlerin yerine getirilmesi için yol uzunluğunun 20 m/ha olduğu düşünüldüğünde (OGM292, 2008), Maçka OİŞ'te olması gereken yol uzunluğu itibari yol yoğunluğuna göre 161,538 km olmalıdır. Maçka OİŞ'te olması gereken yolun %85,3'ü tamamlamıştır.

Çalışma yeri olarak Maçka OİŞ'ye ait 28 orman yolunun belirlenmesindeki temel neden, bu yolların ekonomik, ekolojik ve sosyal yönleri önemli katkılarda bulunmasıdır. Orman yolları, amenajman planları kapsamında değerlendirilerek, bulundukları orman fonksiyonlarına göre dikkatlice sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, çalışılan orman yollarının fonksiyonel durumu ortaya konmuştur. Bu fonksiyon çalışmasında, ana ve alt fonksiyonlar birlikte değerlendirilmiştir. Buna göre, yolların etkilediği ormanların %78,75'ini ekolojik fonksiyon (doğayı koruma ve erozyonu önleme), %17,92'sinin

sosyokültürel fonksiyon (estetik, hidrolojik, bilimsel) ve %2,76'sını ekonomik fonksiyon (orman ürünleri üretimi) oluşturmaktadır (Tablo 5).

Tablo 5. Çalışma alanının orman fonksiyonlarına dağılımı (OGM, 2022d)

Ana Orman Fonksiyonu	Genel Orman Fonksiyonu	İşletme Amaçları	Alan (ha)	Yüzde (ha)	Toplam Yüzde (%)
Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	En Yüksek Miktarda Yapacak Odun Üretimi	308,39	2,76	2,76
Ekolojik	Doğayı Koruma	Yetiştirme Yeri Çok Kötü Alanlar	3.173,00	28,43	78,75
Ekolojik	Doğayı Koruma	Orman Ekosistemini İyileştirme	2.198,64	19,70	
Ekolojik	Doğayı Koruma	Tohum Meşçereleri	156,00	1,40	
Ekolojik	Doğayı Koruma	Doğal Sit Alanları	747,54	6,70	
Ekolojik	Doğayı Koruma	Özel Amaçlı Koruma Alanları	124,37	1,11	
Ekolojik	Doğayı Koruma	Tabiat Parkı	63,46		
Ekolojik	Erozyonu Önleme	Toprak Koruma	2.389,56	21,41	17,92
Sosyokültürel	Estetik	Estetik Amaçlı Perdeleme ve Koruma	1.314,00	11,77	
Sosyokültürel	Hidrolojik	Kullanma Suyu Koruma	684,08	6,13	
Sosyokültürel	Bilimsel	Eğitim ve Araştırma Amaçlı Ormanlar	1,90	0,02	

Tablo 5 incelendiğinde, orman yollarının doğal ekosistemleri ve biyoçeşitliliği koruma amacına hizmet ettiği görülmektedir. Aynı zamanda, sosyal yönden kullanılan yolların da önemli bir yüzdeye sahip olması, bu orman alanlarının toplum için estetik, bilimsel ve diğer sosyal amaçlarla ne kadar değerli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, B tipi orman yolu olarak tanımlanan bu yolların, 292 sayılı tebliğe uygun olduğu belirtilmiştir. En son yapılan yol ağı planına göre, Maçka OİŞ'de 38,68 km orman yolu yapılması planlanmaktadır (OGM, 2022d). Bu planlanan yolların inşası ve mevcut yolların yenilenmesi sürecinin ilerleyen zamanlarda artması beklenmektedir. Bu durum, bölgedeki ormancılık faaliyetlerinin sürdürülebilir yönetimi ve orman alanlarının etkin kullanımını desteklemeye yönelik bir stratejinin bir parçası olarak değerlendirilebilir.

2.1.2. Veri Kaynakları

Çalışma alanında en temel veri kaynakları, Maçka OİŞ sınırlarını kapsayacak meşcere haritası, ortofoto görüntüleri, standart topografik haritalar ve orman yol ağı haritasıdır.

Meşcere haritaları ormancılık çalışmaları için oldukça önemlidir. Bu haritalar, ormancılık alanında çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Meşcere haritaları; ormancılık kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, biyoçeşitliliğin korunması, ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi ve ormancılık faaliyetlerinin izlenmesi ana unsurlarının sağlanması için, ormanlık alanları en temel birimde temsil eden haritalardır. Meşcere haritaları aynı zamanda ormancılık faaliyetlerinin izlenmesi ve değişimlerin analiz edilmesi için de önemli bir araçtır (Çoban & Gündoğdu, 2020; Kaptan, 2021).

Ortofoto görüntüleri kullanılarak ağaçlık alanlar tespit ve kontrol edilmektedir. Bu görüntüler zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesinde kullanılır. Ortofoto görüntülerin sınıflandırılmasıyla elde edilen veriler, ormancılık faaliyetlerinin zaman içindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve meydana gelen değişimlerin izlenmesi için kullanılmaktadır (Hatipoğlu & Uzun, 2020).

Standart topografik haritalar, ormanlık alanlardaki arazi yapısını detaylı bir şekilde gösterir. Bu durum, ormancılık uzmanlarının araziye daha iyi bir bakış açısı kazanmalarına yardımcı olur. Topografik haritalar, farklı bitki örtüsü yapısının dağılımını belirlemek için kullanılabilir. Ayrıca su kaynaklarını belirleme ve izleme açısından, orman havzalarının sınırlarını belirlemek ve yükseklik verilerinin ortaya konması gibi topografik yapılar hakkında bilgi verir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile topografik haritaların entegrasyonu sayesinde ormancılık uygulamalarında daha etkin çalışmalar gerçekleştirilir.

Orman yol ağı planı haritaları, ormanlara erişimi sağlamak ve ormancılık faaliyetleri için yolların planlanması için yapılan haritalardır. Orman yol ağında bulunan orman yollarının, köy yolları ve diğer yollar ile bağlantılarını teknik özelliklerini belirten haritalardır.

Arazi çalışmaları, ormancılıkta veri toplama ve gözlem için ilk aşamadır. Orman yollarının bazı verilerinin elde edilmesi için arazi üzerinde ölçüm metodu kullanılmıştır. Araziden elde edilecek veriler için gps, klizimetre, nişan levhası, çelik şerit metre ve telemetre kullanılmıştır. Orman yol yapısının bozulma oranını belirlemek için, orman yolları gezilmiş ve üst yapı oranları hakkında detaylı bilgi elde edilmiştir. Bu bozulma oranı için,

yolların üzerinde hendek ve çukurların çapları ölçülmüştür ve etki alanları hesaplanmıştır. Orman yollarındaki sanat yapılarının sayıları tespit edilmiştir.

2.1.3. CBS ve ArcGIS

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verileri toplamak, depolamak, analiz etmek ve görselleştirmek için kullanılan bir teknoloji sistemidir. Bu sistem, dünya üzerindeki nesnelerin, yerlerin ve olayların coğrafi konum bilgilerini içeren veri tabanlarını yönetir. Haritalama, analiz ve karar alma süreçlerinde bu coğrafi verilerin kullanılmasına dayanır. CBS, uzaktan algılama, küresel konumlandırma sistemleri (Global Positioning System, GPS), harita üretimi ve sayısallaştırma gibi bir dizi teknolojiyi entegre eder. CBS, coğrafi verilerin harita, tablo ve grafikler şeklinde gösterilmesini de mümkün kılar. CBS'nin kullanımı, teknolojinin gelişmesiyle birlikte artmış ve farklı sektörlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Kapluhan, 2014).

Yoğun ormancılık uygulamalarında, ormanlık alanın değişimi (Hansen, et al., 2013), ormancılık faaliyetlerinin analizi (Jiang, et al., 2019), silvikültür alanında potansiyel kullanımı (Garnero & Vigna, 2018), karar optimizasyonu ve kaynak yönetimi (Zeng & Liao, 2016) ve online olarak paylaşılabilir haritacılık (Zápotocký & Koreň, 2022) gibi birçok çalışmada CBS ve ormancılık entegre olarak kullanılmıştır.

CBS'nin bilgisayar ortamında en çok kullanıldığı platformlardan biri ArcGIS® platformudur. ArcGIS®, ESRI® tarafından geliştirilen bir yazılım paketidir. ArcGIS®, CBS uygulamaları için kullanılan bir masaüstü harita yapma ve düzenleme yazılımıdır. ArcGIS® genel olarak, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analizi ve harita üretimi gibi bir dizi coğrafi bilgi işleme görevini gerçekleştirmek için kullanılan bir platformdur. ArcGIS® platformunda özellikle analiz ve haritacılık için ArcMap, veri tabanı sistemleri için ArcCatalog isimli ek paketler kullanılır (Manjula, Jyothi, & Anand Kumar Varma, 2010).

2.1.4. ArcPy ve Modelbuilder

ArcPy, ArcGIS®'in Python programlama diline entegre edilmiş bir kütüphanesidir. Bu kütüphane, CBS alanında kullanılan ArcGIS® yazılımının otomasyonunu ve özelleştirilmesini sağlar. ArcPy, CBS uygulamaları geliştirmek için kullanılan bir araçtır ve coğrafi veri analizi, haritalama, veri dönüşümü ve CBS iş akışlarının otomasyonu gibi birçok alanda kullanılır (Bajjali, 2017).

ArcPy, Python programlama diline dayalı olduğu için Python tabanında çalışır. Bu da ona geniş bir kullanıcı kitlesi ve geliştirici topluluğu sağlar. Python'un esnekliği ve gücü, ArcPy'nin CBS uygulamaları için tercih edilen bir araç olmasını sağlar. Örneğin, orman mühendisliği, su kaynakları yönetimi, arazi kullanımı planlaması, iş yönetimi ve coğrafi planlama gibi alanlarda ArcPy'nin kullanımı yaygın olarak görülmektedir. ArcPy'nin Python tabanında çalışması, kullanım alanlarının geniş olması ve CBS uygulamalarının otomasyonu için geliştirilmiş olması, onu coğrafi bilgi sistemleri alanında önemli bir araç haline getirmektedir. Arcpy'nin kullanımı, coğrafi veri analizi ve CBS uygulamalarının geliştirilmesi için önemli bir katkı sağlamaktadır.

ArcMap ModelBuilder, coğrafi bilgi sistemleri alanında kullanılan bir araçtır. Bu araç, CBS verilerinin analiz edilmesi, işlenmesi ve haritalanması için kullanılır. ModelBuilder, ArcMap'in bir parçası olarak çalışır ve CBS verilerinin işlenmesini otomatikleştirmek için grafiksel bir arayüz sunar. Bu araç, CBS uzmanlarının veri işleme süreçlerini basitleştirmelerine ve tekrarlanabilir hale getirmelerine olanak tanır (Castañeda & Hernandez, 2017). ModelBuilder, orman alanı planlaması, arazi kullanımı planlaması, coğrafi analiz, doğal kaynak yönetimi, acil durum müdahale planlaması ve benzeri alanlarda kullanılır. Özellikle, CBS verilerinin analiz edilmesi ve haritalanması gereken herhangi bir alanda ModelBuilder kullanılabilir. Ayrıca, CBS verilerinin işlenmesi ve analiz edilmesi gereken herhangi bir projede de kullanılabilir (Kinali, Erol, & Kaya, 2020). ArcMap ModelBuilder, ESRI'nin ArcGIS® yazılımının bir parçası olarak çalışır. ArcGIS®, CBS alanında endüstri standardı olarak kabul edilen bir yazılımdır. Bu nedenle, ModelBuilder'ın temel çalışma platformu olan ArcMap, CBS uzmanlarının ve araştırmacıların en yaygın kullandığı CBS yazılımlarından biridir. Bu durum, ModelBuilder'ın geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından erişilebilir ve kullanılabilir olmasını sağlar (Castañeda & Hernandez, 2017).

Arcpy ve ModelBuilder, birbirini destekleyen ve tamamlayan araçlardır. Örneğin, ModelBuilder'da oluşturulan bir coğrafi işlem akışı, bu akıştaki adımları temsil eden Python betiklerine dönüştürülerek Arcpy ile entegre edilebilir. ModelBuilder ile oluşturulan iş akışları, ArcGIS®'teki işlemlerin temelini oluşturan Arcpy araçlarını içerir. ModelBuilder'da yapılan değişiklikler, altta yatan Python kodunu etkiler ve bu sayede ModelBuilder ve Arcpy arasında entegrasyon sağlanmış olur. Özellikle karmaşık ve tekrar eden işlemleri otomatikleştirmek için ModelBuilder kullanılır. Oluşturulan model Python betiği veya model olarak tasarlanabilir. Arcpy ile entegre edilebilir.

2.1.5. Leaflet ve Online Haritalama

Leaflet®, açık kaynaklı bir JavaScript kütüphanesi olup, sadece 38 KB'lık hafif bir JavaScript kodu içerirken, benzer sistemlere kıyasla eşdeğer işlevselliği sunmaktadır (Crickard III, 2014).

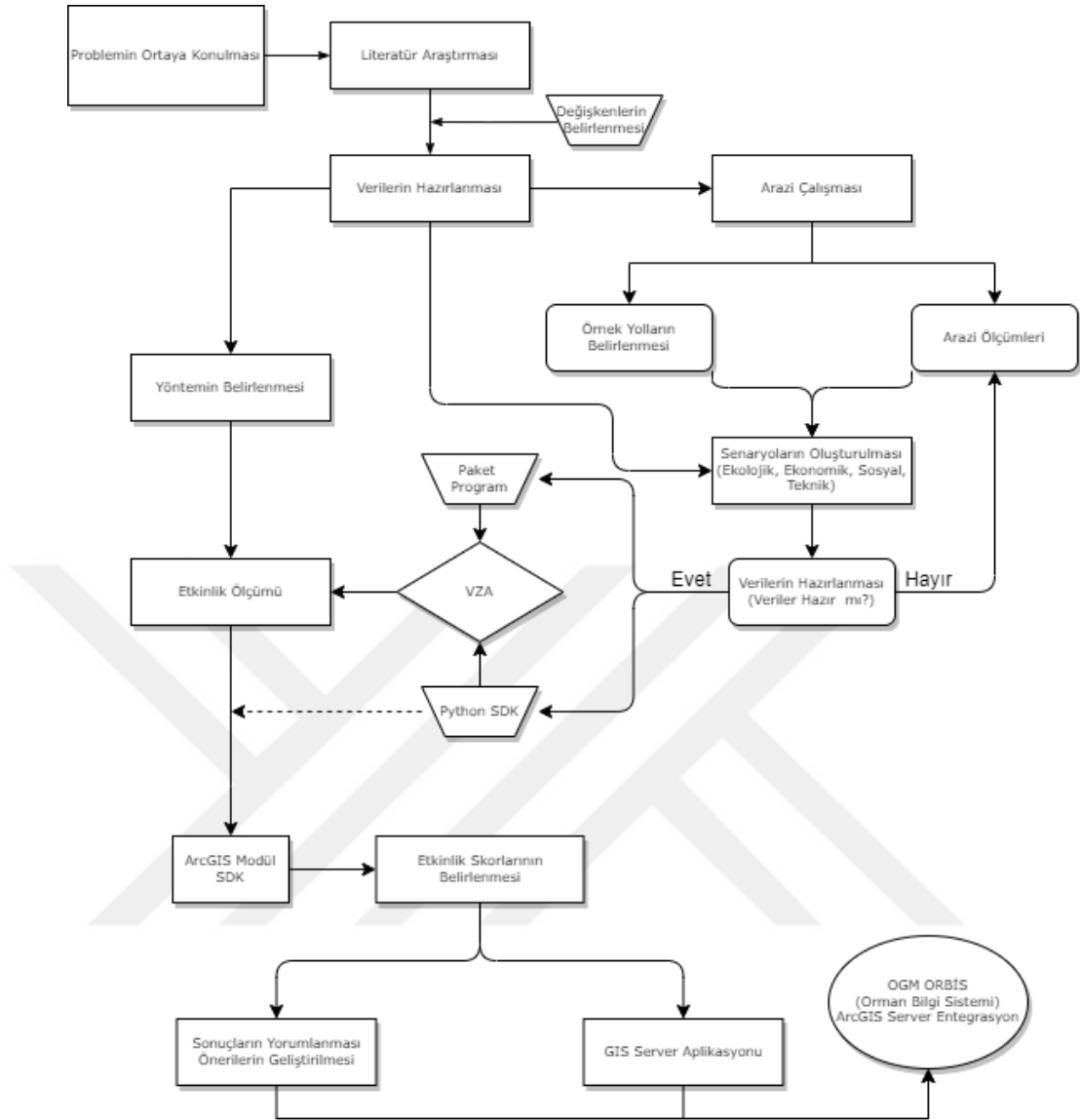
Leaflet®, mekânsal analiz veritabanlarının görselleştirilmesi için kullanılan formatlar olan GeoJSON, SHP gibi veri türlerini destekleyerek, kullanıcılara geniş bir veri entegrasyonu imkanı sunmaktadır. Ayrıca, katmanlar, işaretçiler, çizgiler ve daireler gibi temel grafik öğeleri içeren çeşitli işlevleri barındırarak, kullanıcıların harita üzerinde detaylı analizler yapmalarına olanak tanır. Leaflet®'in sunduğu özellikler arasında etkileşimli haritaların oluşturulmasını kolaylaştıran işlevler de bulunmaktadır. Kullanıcılar, harita üzerindeki verilerle etkileşimde bulunabilir, detaylı incelemeler yapabilir ve bilgiye daha hızlı erişebilirler. Bu, orman yollarıyla ilgili çeşitli etkinlikleri ve verileri daha anlamlı hale getirerek, planlama ve yönetim süreçlerini geliştirmeye yardımcı olur (Sukojo & Lisakiyanto, 2021).

Leaflet®'in kullanımı sadece teknik anlamda değil, aynı zamanda kullanım kolaylığı açısından da önemlidir. Kütüphane, Google® ve OpenStreetMap® gibi popüler çevrimiçi haritaları altlık olarak kullanma yeteneği sunarak, kullanıcıların farklı harita kaynakları arasında geçiş yapmalarını sağlar. Bu da kullanıcıların ihtiyaçlarına en uygun harita kaynağını seçmelerine olanak tanır. ArcGIS ve Leaflet entegrasyonu, orman yollarının etkinliklerini detaylı bir şekilde gösterme ve analiz etme konusunda güçlü bir araç sunar. Leaflet'in açık kaynaklı yapısı, hafif kod yapısı ve kullanım kolaylığı, bu entegrasyonun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar, böylece kullanıcılar çeşitli verilerle etkileşimde bulunabilir ve bilgiye daha hızlı erişebilirler (Crickard III, 2014).

2.2. Yöntem

2.2.1. Araştırmanın Tasarımı

Tez kapsamında, çalışmanın ana bileşenlerini ve bu bileşenler arasındaki ilişkileri daha net bir şekilde anlamamıza olanak tanıyacak ve yapısal çerçeveyi gösterecek bir diyagram oluşturulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Araştırma tasarımı için oluşturulan yapısal çerçeve

Diyagram, araştırmanın temel bileşenlerini görsel olarak temsil etmek ve bu bileşenler arasındaki ilişkileri vurgulamak amacıyla oluşturulmuştur. Bu tasarımın amacı, çalışmanın bütünlüğünü ve yöntem sürecine rehberlik etmektir. Çalışma problemin ortaya konması ile başlamıştır. Problemin ortaya konmasından sonra, literatür araştırması ile probleme yönelik sonuç odaklı çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir. Girdi ve çıktıların belirlenmesinden sonra, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları ile değişkenler ölçülmüştür. Değişkenler, literatür taramasına uygun olarak senaryolarda kullanılmışlardır. Senaryolar, ekolojik etkinlik, ekonomik etkinlik, sosyal etkinlik ve teknik etkinlik olarak şekillendirilmiştir. Senaryolar sonucunda elde edilen veriler hazır duruma geldiğinde, Python programlama yardımıyla, Arcmap üzerinde

modeller geliştirilmiştir ve Arcpy üzerinden etkinlik ölçümü için programlanmıştır. Sonuçlar, VZA işlemi gerçekleştiren paket programlar ile kıyaslanmış ve doğruluğu sağlanmıştır. Ortaya çıkan bulgular ArcGIS® Software Developer Kit (SDK) ile birleştirilmiştir. Böylece son kullanıcının kullanımına açılmıştır. Son aşamada, online harita entegrasyonu sağlanmıştır. Son kullanıcı online harita üzerinden orman yollarının farklı senaryolarda etkinlik skorlarını görebilmektedir. Elde edilen etkinlik skorları, ArcGIS® serverları ile entegre olabilecek hale getirilmiştir.

2.2.2. Ekolojik, Ekonomik, Sosyal ve Teknik Senaryoların Oluşturulması

Orman yolları, ekosistemlerin sürdürülebilirliği, ekonomik kalkınma, toplumsal katılım ve teknolojik gelişmelerin birleşim noktasında önemli bir role sahiptir. Bu kompleks konunun etkili bir şekilde yönetilebilmesi için çeşitli değişkenlerin anlaşılması ve dikkate alınması kritiktir. Orman yolu planlamasında ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryoların oluşturulmasında kullanılan göstergeler, bu dengeyi koruma amacını taşımaktadır. Bu nedenlerle orman yollarının planlamasındaki senaryo değişkenleri belirlenirken göstergelere uygunluğu değerlendirilmelidir. Göstergeler için ormanların planlanmasında kullanılan ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama kriterlerine uygunluğa dikkat edilmiştir. Ekolojik, ekonomik ve sosyal senaryolarda göstergeler için “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar” yönetmeliği kullanılmıştır (OGM299, 2017). Teknik senaryo göstergeleri için “Orman yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı Tebliği” kullanılmıştır (OGM292, 2008).

Ekolojik Etkinlik Senaryosu: Ekolojik etkinlik senaryosunda değişkenler, VZA temel prensiplerine uygun olarak girdilerin minimize edileceği ve çıktıların maksimize edileceği varsayımıyla (CCR) ortaya konmuştur. Değişkenlerin belirlenmesi için literatür taraması yöntem olarak kullanılmıştır.

Bakı, yüzey ve yeraltı hidrolojisi göstergesinde ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Bu nedenle girdi değişkeni olarak tanımlanmıştır. Bakı faktörüne, orman yolları çalışmalarında 3 database üzerinden (Scopus, Science Direct and Web of Science) 2009 ile 2019 yılları için 62 makale üzerinden, 10 çalışmada (16.1%) yer verilmiştir (Kazama, et al., 2021). Arazinin bakısı; güneş ışığına maruz kalma, yağış ve toprağın nemini alan rüzgarlar gibi faktörleri etkilemektedir. Kuzey yarım kürede güneyli bakılarda düşük yağış, yüksek rüzgâr hızı ve yoğun güneş ışıınımı ile yüksek potansiyel

evapotranspirasyon görülmektedir. Buna bağlı olarak arazinin yüzeyinde ve su konsantrasyonuna bağlı olarak daha az zarar olduğu varsayılmaktadır. Orman yollarının bakışı, orman toprağını etkileyen değişkenlerden biridir (Sessions, 2007; Çalışkan & Karahalil, 2017; Hosseini, Gorgandipur, & Nikooy, 2018).

Yamaç eğimi, ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Bu nedenle girdi değişkeni olarak tanımlanmıştır. Bir yamacın eğimi ve bunun orman ekolojisi üzerindeki etkisi, ekolojik korumada dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Yamaç eğimi toprak erozyonunu, su akışını ve habitat parçalanmasını önemli ölçüde etkileyebilir ve bu da orman ekosistemlerinin genel sağlığını ve biyolojik çeşitliliğini etkileyebilir. Yüksek yamaç eğimleri toprak erozyonunun ve toprak kaymalarının artmasına yol açarak çevredeki orman ortamının stabilitesini etkileyebilir (Acar, 2015).

Orman yolunun genişliği, ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Bu nedenle girdi değişkeni olarak tanımlanmıştır. Orman yolunun genişliği, ekolojik sistemler üzerinde çeşitli etkilere sahip olabilir. Orman ekosistemlerindeki yol genişliğinin ekolojik etkileri, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir. Orman yolunun genişliği, karbon depolama kapasitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Karbon depolama, iklim değişikliğini önleme ve kontrol etme açısından önemli bir orman fonksiyonudur (Yaman & Keleş, 2023). Orman yolunun genişliği aynı zamanda fauna üzerinde de etkilere sahip olabilir. Araştırmalar, orman yolunun genişliğinin, yaban hayatı üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu etkilerin türler arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Semlitsch, et al., 2006). Ayrıca, orman yolunun genişliğinin, terestryal salamanderlerin bolluğu ve aktivitesi üzerinde de etkili olabileceği belirtilmiştir (Marsh & Beckman, 2004). Orman yolunun genişliğinin ekolojik etkileri, mikro iklim koşulları üzerinde de değişikliklere neden olabilir. Orman yolunun genişliğinin, sıcaklık, ışık, kapan örtüsü ve kapan yüksekliği gibi mikro iklim koşulları üzerinde etkili olabileceği belirtilmiştir (Delgado, et al., 2007). Ayrıca, orman yolunun genişliğinin, ağaç transpirasyonu üzerinde de etkili olabileceği ve bu durumun tropikal nemli ormanlarda daha belirgin olduğu ifade edilmiştir (Kunert, et al., 2015). Orman yolunun genişliğinin ekolojik etkileri, bitki örtüsü ve toprak koşulları üzerinde de değişikliklere neden olabilir. Araştırmalar, orman yolunun genişliğinin, yol kenarındaki bitki örtüsü ve toprak koşulları üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Zhou, Luo, Hou, Xiang, & Shaolin, 2019). Ayrıca, orman yolunun genişliğinin, orman parçalanması, doğal manzaranın değişmesi ve yaban

hayatı türleri dağılımı üzerindeki etkileri incelenmiş ve bu etkilerin ekosistem açısından olumsuz durumlara yol açabileceği belirtilmiştir (Rich, Dobkin, & Niles, 1994; Jeong, Cho, Cho, Cho, & Han, 2021; Çetinkaya, 2023; Kolkos, et al., 2023). Orman yollarının genişliği, ekolojik dengeyi ve orman ekosistemlerinin sağlığını önemli ölçüde etkileyebilir (Gümüş, Acar, & Toksoy, 2007; Hayati, Majnounian, & Abdi, 2012; Bicknell, Struebig, Edwards, & Davies, 2014; Deljouei, et al., 2017; Edwards, et al., 2017; Zhou, Luo, Hou, Xiang, & Shaolin, 2019).

Kazı şevi yüksekliği, ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Bu nedenle girdi değişkeni olarak tanımlanmıştır. Orman yollarının kazı şevi yüksekliği, ekolojik sistemler üzerinde çeşitli etkilere sahip olabilir. Arıca vd. (2015) uzaktan algılama verilerinin planlanmış orman yolu inşaatı sırasında yol doldurma alanlarını ve doldurma erozyonundan etkilenen alanları tahmin etmek için nasıl kullanılabileceğini göstermektedir.

İnşaat alanı genişliği ile oluşan kayıp orman alanı değişkenleri, ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerdendir. Orman yollarının inşası ve varlığı habitat tahribatına ve parçalanmasına yol açabilir, bu da biyolojik çeşitlilik ve tür zenginliği üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Votsi, et al., 2012; Clements, et al., 2014; Poor, Jati, Imron, & Kelly, 2019). Yolların ormanlara yakınlığı ağaç kesme faaliyetlerinin artmasına neden olabilir, bu da ormansızlaşmaya ve ağaç örtüsünün kaybolmasına neden olabilir (Gaveau, et al., 2014; Kleinschroth & Healey, 2017). Ayrıca orman yolları, hidrolojik süreçleri ve su kalitesini etkileyerek tortu üretiminin artmasına katkıda bulunabilir (Luce & Black, 1999; Luce, 2002; Kastridis, 2020). Ayrıca orman yollarının genişliği, yol kenarındaki bitki örtüsünü ve toprak koşullarını etkileyen çeşitli ekolojik etkilere sahip olabilir (Zhou, Luo, Hou, Xiang, & Shaolin, 2019).

Yol boyunca gözlenen şev ve heyelanlı alanlar, ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yollarının heyelana eğilimli alanlarda yarattığı ekolojik etkileri anlamak için orman yönetimi, yol inşaatı ve bu süreçte ortaya çıkan heyelanlar arasındaki etkileşimi anlamak önemlidir. Orman yollarının ekosistem üzerindeki etkisi karmaşık bir konudur ve bu konuda bilgi sağlamak için ormancılık, jeoloji ve ekolojiden gelen bilgilerin entegre edildiği çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir. Orman yollarının inşası ve bakımı, ekosistemin istikrarını etkileyebilir ve potansiyel olarak yaban hayatı habitatlarına ve biyolojik çeşitliliğe zarar vererek heyelan faaliyetlerini artırabilir (Eker & Aydın, 2014; Goetz, et al., 2015; Eker, 2020). Ormanlık alanlardaki yolların varlığı,

özellikle aşırı hava olayları sırasında artan heyelan faaliyetleri ile ilişkilidir. Bu durum, ormanlık alanlardaki yol inşaatının ekolojik etkilerinin planlanması ve değerlendirilmesi için dikkatli bir şekilde ele alınması gerektiğini vurgular. Heyelan tehlikelerinin mekansal tahmininde lojistik regresyon ve diğer olasılıksal modellerin kullanılması, orman yollarının heyelan oluşumu üzerindeki potansiyel etkisine dair değerli bilgiler sunabilir (Gorsevski, Gessler, Foltz, & Elliot, 2006).

Yolun akarsu yataklarına olan uzaklığı ve sanat yapısı sayısı, ekolojik senaryoda etkinlik ölçümünde artırılması gereken değişkenlerdir. Bu nedenle çıktı değişkeni olarak tanımlanmışlardır. Orman yollarının inşası ve bunların akarsu ağlarıyla kesişmesi, özellikle hidrolojik ve jeomorfik süreçler üzerinde önemli ekolojik etkilere sahip olabilir. Araştırmalar, orman yolu inşaatının doğrudan akış hacimlerinde artışa, en yüksek akış hızlarına, toprak erozyonuna, akarsularda çökelmeye ve kanal morfolojisinde değişikliklere neden olabileceğini göstermiştir (Soulis, Dercas, & Papadaki, 2014). Yol ve yama temizleme ağlarının entegrasyonu nedeniyle havzaların artan drenaj verimliliği, ormanlık alanlarda artan pik deşarjlardan sorumlu ana mekanizma olarak tanımlanmıştır (Thomas & Megahan, 1998). Ek olarak, ayrıntılı araştırmalar, akarsulara akan yol kenarı hendeklerinin ve çıkış ağzlarının altına oyulmuş oluklarla menfezlerin, yolları akarsu kanallarına bağlayan hidrolojik akış yollarına katkıda bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Wemple, Jones, & Grant, 1996). Orman yolları ayrıca, erozyonun ve su kalitesi üzerindeki etkilerin hızlanmasına yol açarak suda yaşayan ve kıyıdaş organizmalar ile bunların yaşam alanlarının bozulmasına neden olabilir (Grace & Clinton, 2007). Akarsulara tortu taşınmasını en aza indirmek için orman yolları veya patikalar ile akarsular arasındaki bağlantıyı azaltmak çok önemlidir (Kastridis, 2020). Akış hacmini ve toprak erozyonunu kontrol etmeyi ve azaltmayı amaçlayan yönetim uygulamalarının, orman yollarının hidrolojik süreçler üzerindeki etkilerini azaltmada etkili olduğu bulunmuştur (Akbarimehr & Naghdi, 2012). Ayrıca, orman toplama faaliyetini orman arazisine dağıtmak yerine belirli alanlara yoğunlaştırmanın, toplam yol çökeltisi verimini azalttığı gösterilmiştir (Murphy & Wing, 2005). Bu nedenlerle orman yollarının akarsu yataklarından olabileceği kadar uzak olması ve sanat yapısı sayısının planlı bir şekilde olabildiğince fazla olması gerekmektedir.

Orman yollarının ekolojik olarak etkin duruma gelebilmesi için, orman yollarının ekosisteme negatif etkilerinin azaltılması gereklidir. Ancak yangın riskine önlem amacıyla olabildiğince alana ulaşım sağlanmalıdır. Bu nedenle bölmelere bağlantı sayısı değişkeni çıktı olarak belirlenmiştir. Yolun akarsu yataklarına uzaklığı, potansiyel sanat yapısı sayısı

ve bölmelere bağlantı sayısı değişkenleri, ekolojik etkinliğin sağlanabilmesi için maksimize edilmelidir.

Orman yollarının planlanmasında ekolojik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Ekolojik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler

Gösterge	Değişken	Girdi/Çıktı
Yüzey ve yeraltı hidrolojisi	Bakı	Girdi
Erozyon, sediment ve kütle hareketleri oluşumu	Yolun geçtiği yamaç eğimi	Girdi
	Yol genişliği	Girdi
	Kazı sevi yüksekliği	Girdi
	Kayıp Orman Alanı	Girdi
Orman alanlarının kaybı	Yol boyunca gözlenen şev akıntı ve heyelanlı alan sayısı	Girdi
Yüzey ve yeraltı hidrolojisi		
Su kirliliği	Yolun akarsu yataklarına uzaklığı	Çıktı
Su kalitesine etkisi		
Suda yaşayan habitatlar		
Yüzey ve yeraltı hidrolojisi	Potansiyel sanat yapısı	Çıktı
Yangın riskine önlem	Yolun bağlantı sağladığı bölmeler	Çıktı

Ekonomik Etkinlik Senaryosu: Ekonomik etkinlik senaryosunda değişkenler, VZA temel prensiplerine uygun olarak girdilerin minimize edileceği ve çıktıların maksimize edileceği varsayımıyla (CCR) ortaya konmuştur. Değişkenlerin belirlenmesi için literatür taraması yöntem olarak kullanılmıştır.

Ekolojik etkinlik senaryosunda olduğu gibi, bakı, yolun geçtiği yamaç eğimi, potansiyel sanat yapısı sayısı, inşaat alanı genişliği yapım bakım ve onarım maliyetlerini negatif olarak etkileyeceği için ekonomik senaryoda da azaltılması gereken değişkenlerdir. Bu nedenle girdi olarak belirlenmişlerdir.

Kıvrımlılık faktörü, ekonomik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yollarında kıvrımlılık faktörünün transport maliyetleri üzerindeki olumsuz etkileri, taşıma maliyetlerini artıran unsurların belirlenmesiyle anlaşılabilir. Kıvrımlı yolların taşıma süresini ve yakıt tüketimini artırarak operasyon maliyetlerini yükseltebileceği bilinmektedir (Jacyna & Wasiak, 2015). Ayrıca, kıvrımlı yolların araç işletme maliyetlerini artırabileceği ve taşıma sürelerini uzatarak lojistik verimliliğini azaltabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Huang, et al., 2020). Orman

yollarında kıvrımlılık faktörünün transport maliyetleri üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için, doğal ortamda en uygun güzergahların belirlenmesi ve planlanması büyük önem taşımaktadır (Eker, 2004; Acar, 2015). Kıvrımlılık faktörü, yol uzunluğunun kırmızı kot hat uzunluğuna bölünmesi ile bulunmaktadır (Ada, 2011; Eker & Ada, 2011).

Dolambaçlılık faktörü, ekonomik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yolları, harita üzerinde başlangıç ve bitiş noktaları arasında düz bir çizgi boyunca inşa edilemez. Yolun siyah kot hattı kıvrımlı bir yapı sergiler. Bu nedenle, yatayda iki nokta arasındaki en kısa mesafe doğrudan kat edilememiş olur. Dolambaçlılık faktörü ile doğrusal bir hattın oluşmamasının olumsuz etkileri bilinmelidir. Dolambaçlılık faktörü, yolun uzunluğunun, yolun düz hat uzunluğuna bölünmesi ile bulunabilir (Ada, 2011; Eker & Ada, 2011).

Yatay kurpların sayısı, ekonomik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yollarında yatay kurp yoğunluğunun ulaşım maliyetlerini etkileri için güvenlik, araç dinamikleri ve yol altyapı yönetimi gibi çeşitli faktörlerin dikkate alınması gereklidir. Yatay kurpların yoğunluğu araç dinamikleri ve güvenliği üzerindeki etkisinin anlaşılması açısından çok önemlidir (Budzyński & Bruski, 2018).

Yol yüzeyindeki deformasyonlar, ekonomik senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Yol yüzeyindeki deformasyonlar bakım maliyetlerinin artmasına, araç verimliliğinin azalmasına ve potansiyel olarak daha yüksek yakıt tüketimine yol açabilir (Prentkovskis, et al., 2012). Bu faktör, ulaşım faaliyetlerinin ekonomik sürdürülebilirliğini etkileyen genel ulaşım maliyetlerine katkıda bulunur (Storeygard, 2016).

Yol yüzeyindeki deformasyonlar yol ağlarının kapasitesini ve verimliliğini etkileyerek potansiyel trafik sıkışıklığına ve seyahat süresinin artmasına neden olabilir ve bu da ulaşım maliyetlerini artırabilir (Aydın & Topal, 2019). Ayrıca, Pérez-Martínez ve Vassallo (2013) tarafından yapılan çalışma, yük taşımacılığının dış maliyetlerindeki değişiklikleri vurgulayarak, yol yüzeyi deformasyonları ile transport maliyetleri arasında potansiyel bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Ayrıca karayolu altyapısının kalitesi, üretimin genişlemesinde ve ekonomik büyümede önemli bir rol oynamaktadır. Yüzey deformasyonlarıyla karakterize edilen kötü yol koşulları, ticaretin genişlemesinde caydırıcı rol oynayabilir, dolayısıyla ulaşım maliyetlerini ve ekonomik kalkınmayı etkileyebilir (Buys, Deichmann, & Wheeler, 2010). Ayrıca yol yüzeyindeki deformasyonlar, özellikle soğuk bölgelerde yolun stabilitesini ve günlük bakımını etkileyebilir (Mi, et al., 2017).

Orman yollarının ekonomik olarak etkin duruma gelebilmesi için, maliyetlerin azaltılması ve yolların amortismanının sağlanabilmesi gereklidir. Bu nedenle işletmeye açılan orman alanı ile yol uzunluğunun oranı, ekonomik fonksiyonlu orman alanlarına ulaşım ve amenajman planlarına uygun olarak taşınacak olan emval miktarı değişkenleri çıktı olarak belirlenmiştir. Bu çıktı değişkenlerinin, etkinliğin sağlanabilmesi için maksimize edilmesi gerekmektedir. Bu çıktı değişkenlerinin yanında ortalama yol aralık mesafesi değişkeninin hektarda 20 m yol olacağı varsayımıyla 500 metre olması gerekmektedir (OGM292, 2008). Bu koşula kısıt koyulması şartıyla, ortalama yol aralık mesafesi değişkeni de çıktı olarak kategorize edilmiştir.

Orman yollarının planlanmasında ekonomik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Ekonomik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler

Gösterge	Değişken	Girdi/Çıktı
Yapım, Bakım-Onarım Maliyetleri	Yolun bakısı	Girdi
	Yamaç eğimi	Girdi
	İnşaat alanı genişliği	Girdi
	Potansiyel sanat yapısı	Girdi
Transport maliyetleri	Kıvrımlılık faktörü	Girdi
	Dolambaçlılık faktörü	Girdi
	Yatay kurpların sayısı	Girdi
	Yol yüzeyindeki deformasyonlar	Girdi
Transport maliyetleri	Ortalama yol aralık mesafesi	Çıktı
Odun ve odun dışı orman ürünleri üretimi	İşletmeye açılan alan ile yol uzunluğu oranı ((İAA/YU*500 m))	Çıktı
Odun ve odun dışı orman ürünleri üretimi	Ekonomik fonksiyonlu ormandan geçen orman yolları	Çıktı
	Emval miktarı	Çıktı

Sosyal Etkinlik Senaryosu: Sosyal etkinlik senaryosunda değişkenler, VZA temel prensiplerine uygun olarak girdilerin minimize edileceği ve çıktıların maksimize edileceği varsayımıyla (CCR) ortaya konmuştur. Değişkenlerin belirlenmesi için literatür taraması yöntem olarak kullanılmıştır.

Ekolojik etkinlik senaryosunda olduğu gibi, inşaat alanı genişliği ormanların tahribine neden olacağı ve suç oluşturabilme potansiyelini arttıracığı için sosyal senaryoda da azaltılması gereken bir değişkendir. Bu nedenle girdi olarak belirlemiştir.

Yol eğimi, sosyal senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Yol eğiminin sürüş üzerindeki etkisi çok yönlü ve etkilidir (Calvi, Benedetto, & D'Amico, 2015). Yol eğimi, özellikle ağır hizmet araçları için araç emisyonlarını önemli ölçüde etkiler ve özellikle NO_x ve sera gazı emisyonları açısından araçların emisyon özelliklerini etkiler (Zhang, Zhou, Sun, Sun, & Qin, 2015; Li, et al., 2022). Yol eğiminin yakıt tüketimini ve karbondioksit emisyonlarını etkilediği ve araçların yakıt verimliliğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir (Barth & Boriboonsomsin, 2009). Yol eğimi, dört tekerlekten bağımsız tahrikli araçların tork dağılımını etkileyerek araç kontrolü ve stabilitesi için optimum tork dağılımının belirlenmesinde de önemli bir değişkendir (Ling & Huang, 2021; Ratkevičiūtė, 2010).

Yol uzunluğu, sosyal senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yolu ağlarındaki trafik yüklerinin de orman erişilebilirliğini ve operasyonlarını etkileyen zamansal etkileri olabilir (Grigolato, Pellegrini, & Cavalli, 2013). Orman yolu uzunluğu ile köy gelişimi arasındaki ilişki, ormanlık alanlarda insan faaliyetlerinin ve kaynak çıkarımının artmasına yol açarak orman koruma çabalarını daha da etkileyebilir (Hosseini, Gorgandipur, & Nikooy, 2018).

Dolambaçlılık, sosyal senaryoda etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yollarının dolambaçlı yapısı, sürüş üzerinde birçok olumsuz etkiye sahip olabilir. Bu etkiler arasında artan ölümcül trafik kazası riski (Zou, Zhang, & Cheng, 2021), daha yüksek çarpışma şiddeti (Xie, Ji, Yang, Fang, & Hao, 2020) ve doğal çevrenin bozulması (Kolkos, Stergiadou, Kantartzis, Tampekis, & Arabatzis, 2023) yer almaktadır. Bu yolların sürüş riski üzerindeki etkisi, iklim ve aşırı hava koşulları (Zou, Zhang, & Cheng, 2021) ile daha da kötüleşmektedir.

Orman yollarının sosyal olarak etkin duruma gelebilmesi için, yolu kullanan insanların gerek ulaşım ihtiyaçları gerekse doğa ile olan bağlantıların kurulabilmesi gereklidir. Bu nedenle estetik amaçlı yol koruma ormanlarına yakınlık, ziraat ve mera alanlarına ulaşım, hizmet süresi, kazı şevlerinin yeşillenme oranı ve çevredeki köylerin nüfus sayısı değişkenleri çıktı olarak belirlenmiştir. Bu çıktı değişkenleri sosyal etkinliğin sağlanabilmesi için maksimize edilmesi gereklidir.

Orman yollarının planlanmasında sosyal etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Sosyal etkinlik senaryosu için VZA’da kullanılacak değişkenler

Gösterge	Değişken	Girdi/Çıktı
Sürüş	Yol eğimi	Girdi
Koruma alanlarını etkileme	Yol uzunluğu	Girdi
Sürüş	Yolun düz ve kurplu yapı kompozisyonu (dolambaçlılık)	Girdi
Yolun orman alanına uygunluğu	İnşaat alanı genişliği ile oluşan kayıp orman alanı	Girdi
Koruma ormanına yakınlık	Estetik amaçlı yol koruma ormanına geçme	Çıktı
Orman köylerini ulaşım açması	Ziraat ve mera alanlarına ulaşım	Çıktı
	Hizmet süresi	Çıktı
Yolun orman alanını uygunluğu	Kazı şevlerinin yeşillenmiş (vegetasyonla kaplı) olması	Çıktı
Orman yollarının orman köylerini ulaşım açması/bağlaması	Çevresindeki köylerin nüfus miktarı	Çıktı

Teknik Etkinlik Senaryosu: Teknik etkinlik senaryosunda değişkenler, VZA temel prensiplerine uygun olarak girdilerin minimize edileceği ve çıktıların maksimize edileceği varsayımıyla (CCR) ortaya konmuştur. Değişkenlerin belirlenmesi için literatür taraması yöntem olarak kullanılmıştır.

Ekolojik ve ekonomik etkinlik senaryosunda olduğu gibi, bakı ve yol yüzeyindeki deformasyon yoğunluğu yolun bozulmasını negatif olarak etkileyeceği için teknik senaryoda da azaltılması gereken değişkenlerdendir. Bu nedenle girdi olarak belirlenmiştir.

Platform genişliği, hendek genişliği ve banket genişliği teknik senaryoda, “Yol prizmasına ait geometrik standartlar” göstergesi altında bulunmaktadır ve etkinlik ölçümünde azaltılması gereken değişkenlerdendir. Yol genişliği ve banket genişliği gibi faktörlerin, özellikle kaza oranları üzerinde belirleyici bir rol oynadığı bulunmuştur (Groß & Donnell, 2011; Ewan, Al-Kaisy, & Hossain, 2016). Ayrıca, platform genişliğinin, arazi yapısına bağlı olarak erozyon riskini etkilediği ve bu durumun orman yolları için önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir (Fransen, Phillips, & Fahey, 2001). Ayrıca, hendek genişliği faktörünün, sel ve taşkın gibi doğal afetlerin etkilerini azaltmada önemli olduğu da vurgulanmıştır (Seif & Bahabri, 2019; Suharyanto, 2021). Yol geometrisinin, kaza olasılıklarını etkilediği ve düşük trafik hacmine sahip yollarda bile kaza sıklığını belirlemede önemli olduğu gösterilmiştir (Kordani, Shirini, & Yazdani, 2019). Bu değişkenler, yolun güvenliği ve stabilitesinin yanı sıra suyun etkili bir şekilde tahliye edilebilmesini de doğrudan etkiler (Pauchard & Alaback, 2004). Yüksek eğimler, özellikle asfaltsız yollarda

erozyon ve tortu üretiminin artmasına neden olabilir ve bu da havzalarda toprak kaybına katkıda bulunabilir (Luce & Black, 1999; Cao, Zhang, Dai, & Liang, 2013). Daha geniş platformlar ve banketler daha güvenli bir sürüş ortamı sağlayabilir ve acil durdurma veya manevralara olanak tanıyarak kaza olasılığını azaltabilir (Ewan, Al-Kaisy, & Hossain, 2016; Liu, Wang, & Fu, 2016; Abbasi, Piccioni, Sierpiński, & Farzin, 2022). Ayrıca platform genişliği ve hendeklerin varlığı, çevredeki havzadaki hidrolojik süreçleri etkileyerek noktasal olmayan kaynak kirliliğini ve sel riskini etkileyebilir (Wemple, Jones, & Grant, 1996; Buchanan, Falbo, Schneider, Easton, & Walter, 2012; Suharyanto, 2021).

Orman yollarının teknik olarak etkin duruma gelebilmesi için, yapımının 292 sayılı tebliğe uygun yapılması gereklidir. Bu yolun bağlantı sağladığı bölmeler ve işletmeye açılan meşcere alanı değişkenleri çıktı olarak belirlenmiştir. Böylece orman yollarının daha fazla bölmeden geçebileceği ve daha fazla alanı işletmeye açabileceği düşünülmelidir. Bu çıktı değişkenlerinin, etkinliğin sağlanabilmesi için maksimize edilmesi gerekmektedir. Bu çıktı değişkenleri arasında ortalama yol aralık mesafesi değişkeninin hektarda 20 m yol olacağı varsayımıyla 500 metre olması gerekmektedir (OGM292, 2008). Bu koşula kısıt koyulması şartıyla, ortalama yol aralık mesafesi değişkeni de çıktı olarak kategorize edilmiştir.

Orman yollarının planlanmasında teknik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Teknik etkinlik senaryosu için kullanılacak değişkenler

Gösterge	Değişken	Girdi/Çıktı
Yolun bozulması	Yol deformasyon yoğunluğu	Girdi
	Yolun Bakısı	Girdi
Yol prizmasına ait geometrik standartlar	Platform genişliği	Girdi
Teknik özellik	Karşılaşma ve duraklama yeri	Girdi
Yol prizmasına ait geometrik standartlar	Banket genişliği	Girdi
Yol prizmasına ait geometrik standartlar	Hendek genişliği	Girdi
Yol prizmasına ait geometrik standartlar	Ortalama yol aralık mesafesi	Çıktı
Fonksiyonellik	Yolun bağlantı sağladığı bölmeler	Çıktı
292 sayılı tebliğ (Teknik)	İşletmeye açtığı meşcere alanı	Çıktı

Çalışmada kullanılacak ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik fonksiyonları tamamlayan göstergeler ve değişkenler ortaya konmuştur. Bu değişken ve göstergelerin girdi veya çıktı oluşuna göre sınıflandırılmıştır. VZA'nın güvenilirliğini sağlamlaştırmak amacıyla, Bölüm 1.6'da anlatıldığı şekilde, girdi ve çıktı değişkenlerin sayısının en az bir fazlası kadar KVB olmasına dikkat edilmiştir. VZA için girdilerin minimize edileceği, çıktıların maksimize edilmesine göre tasarım yapılmıştır.

Araştırmanın tasarımı bölümünde belirtilen diyagramın ilk aşamalarından olan literatür araştırması ile değişkenlerin belirlenmesi sağlanmıştır. Bu değişkenler sonraki aşamada arazi üzerinden örnek toplayarak ve aynı zamanda CBS üzerinden elde edilmiştir. Arazi üzerinden örnek toplama aşaması için arazi karneleri oluşturulmuştur. CBS üzerinden veri elde etme işlemi için, CBS modelleri oluşturulmuştur. Böylece veriler analize hazır hale getirilmiştir.

Tablo 10. Orman yolları arazi verilerinin ekolojik ve ekonomik senaryo değerleri

Yol Kodu	Ekoloji			Ekonomi						
	Yol Genişliği (m)	Kazı Şevi Yüksekliği (m)	Yol Boy. Şev Heye. (adet)	Kurp sayısı (adet)	İnşaat Genişliği (m)	Göçük sayısı (N)	Yol Uzunluğu (km)	Yol Genişliği (m)	Emval Miktarı (m3)	Ortalama Yol Aralık Mesafesi (m)
4380-001	5	4,6	27	89	10,1	303	13,2	5	29981	400
4380-002	5,2	4	1	26	9,1	27	2,74	5,2	2052	250
4380-003	4,7	2,2	1	22	7	83	2,01	4,7	4403	320
4380-004	5,8	2,8	2	35	8,2	86	3,37	5,8	23323	500
4380-005	5,5	4,3	8	80	9,8	426	7,72	5,5	32706	250
4380-006	5,5	4,3	2	19	9,1	181	1,95	5,5	4374	300
4380-007*	6,5	4	1	24	9,3	5	2,28	6,5	5762	363
4380-008	4,4	5,8	9	26	11,4	210	2,91	4,4	8341	300
4380-009	4,98	2,16	1	19	6,6	97	2,21	4,98	4786	440
4380-010	5,14	3,08	2	18	7	155	3,91	5,14	9886	285
4380-011*	6,5	4,3	2	10	9,4	8	1,98	6,5	230	1670
4380-012	4,6	4,7	37	85	9,6	460	9,29	4,6	17106	570
4380-013	5	5,9	32	112	11,7	539	10,56	5	27141	650
4380-014*	6,5	4,9	1	12	10,1	15	2,45	6,5	9730	360
4380-015	5,7	8	21	148	16,4	1388	16,34	5,7	20505	720
4380-016	5	4,3	18	57	8,7	263	5,60	5	9706	700
4380-017	5,2	3,7	9	13	8,1	70	1,93	5,2	1944	500
4380-018	4,5	8,2	3	7	15,2	75	1,36	4,5	1821	277
4380-019	4,6	6,7	9	29	13,7	209	3,80	4,6	7047	570
4380-020*	6,5	4,2	2	29	9	11	4,46	6,5	17598	440
4380-021	4,8	4,4	24	90	8,9	363	8,66	4,8	9712	510
4380-022*	6,5	4,6	1	36	9,9	5	6,56	6,5	11832	510
4380-023*	6,5	4,7	2	11	9,8	13	1,74	6,5	6929	415
4380-024	5,1	2,7	4	9	7,3	29	2,10	5,1	3778	450
4380-025	4,3	4,1	4	3	7,7	19	3,23	4,3	6199	250
4380-025-1*	6,5	4,5	1	15	9,5	18	3,19	6,5	8178	257
4380-026*	6,5	4,1	2	21	9,5	4	4,02	6,5	6048	1000
4380-027	4,8	5,8	14	20	10,5	89	2,31	4,8	3488	270
4380-027-1*	6,5	4,3	1	10	9,7	8	1,07	6,5	4486	175
4380-028*	6,5	5	2	21	9,8	19	4,60	6,5	6823	400

* planlanan orman yolları

Tablo 11. Orman yolları arazi verilerinin sosyal ve teknik senaryo değerleri

Yol Kodu	Sosyal				Teknik				
	Yolun Eğimi (%)	Kazı Şevi Yeşillenme Oranı (%)	Hizmet Süresi (gün)	Mahalle Nüfus (kişi)	Platform Genişliği (m)	Banket Genişliği (m)	Hendek Genişliği (m)	Yol Deformasyon Yoğunluğu (adet /km ²)	Karşılaşma Noktaları (N)
4380-001	7	77,6	245	4324	4,5	0,3	0,3	4.594	45
4380-002	10,75	85	255	308	4,2	0,5	0,5	1.898	20
4380-003	7,5	80,8	258	246	3,7	0,4	0,4	8.777	4
4380-004	7,75	70	267	1439	4,2	0,6	1	4.393	10
4380-005	7,16	78,1	298	940	4,3	0,5	0,8	10.034	26
4380-006	6,5	40	234	126	4,4	0,5	0,6	16.911	8
4380-007*	6	26	245	4797	5	0,5	1	337	12
4380-008	3	59,5	264	655	3,8	0,2	0,4	16.395	8
4380-009	7,3	86	274	126	4,08	0,44	0,46	8.801	9
4380-010	4,6	74	268	655	4,26	0,4	0,48	7.718	12
4380-011*	6	26	254	816	5	0,5	1	622	10
4380-012	5	79,5	263	705	3,9	0,3	0,4	10.759	44
4380-013	5,45	76,4	254	834	4,1	0,4	0,5	10.205	38
4380-014*	7,5	30	352	658	5	0,5	1	941	13
4380-015	6,46	71,5	264	4233	4,8	0,4	0,5	14.906	145
4380-016	8,86	86,3	268	742	4,1	0,5	0,4	9.397	54
4380-017	3,5	75	275	100	4,3	0,4	0,5	6.960	8
4380-018	5	45	284	352	3,8	0,3	0,4	12.281	6
4380-019	7,5	67,5	214	1060	4	0,3	0,3	11.962	32
4380-020*	6,3	30	287	664	5	0,5	1	379	23
4380-021	6	78,9	265	708	4,1	0,4	0,4	8.728	64
4380-022*	5,2	13	298	943	5	0,5	1	117	34
4380-023*	9	13	294	176	5	0,5	1	1.152	9
4380-024	7,5	71,7	254	488	4,3	0,3	0,4	2.706	6
4380-025	6,2	85	267	488	3,8	0,2	0,3	1.370	1
4380-025-1*	6,2	24	235	488	5	0,5	1	867	17
4380-026*	9,5	13	264	488	5	0,5	1	153	21
4380-027	10,25	93	268	488	3,9	0,4	0,4	8.019	6
4380-027-1*	10,25	18	264	488	5	0,5	1	1.144	6
4380-028*	5	26	254	488	5	0,5	1	634	24

* OGM tarafından planlanan orman yolları



Şekil 10. Arazi çalışmaları orman yolu genel görüntü-1



Şekil 11. Arazi çalışmaları orman yol kurp örneği ve hendek ile kazı şevi



Şekil 12. Arazi çalışmaları orman yolu genel görüntü-2



Şekil 13. Arazi çalışmaları orman yolu genel görüntü-3



Şekil 14. Arazi çalışmaları ölçüm aşamaları-1



Şekil 15. Arazi çalışmaları ölçüm aşamaları-2



Şekil 16. Orman yolunda tespit edilen sanat yapısı örnekleri-1

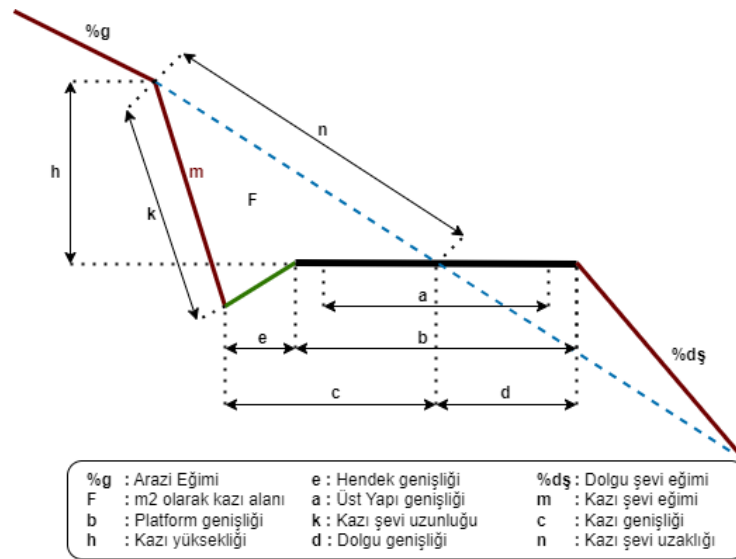


Şekil 17. Orman yolunda tespit edilen sanat yapısı örnekleri-2

2.2.3. Arazi Çalışması

Ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik etkinlik senaryolarında bazı girdi ve çıktı verileri arazi üzerinde elde edilmiştir. Bu veriler, topografik haritalar, ortofoto görüntüleri veya uydu görüntüleri ile elde edilebilmek için, küçük ölçekli verilerdir. Arazi çalışmaları yapılırken, her orman yolunda 500 metre mesafe ile örnek alanlar alınarak temsiliyet oluşturulmuştur. Arazi ölçümleri gerektiren orman yollarında toplam 210 adet orman yolu kesitinde ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde, senaryoların değişkenlerine göre sınıflandırılmış ve özet halinde verilmiştir (Tablo 10 ve Tablo 11). Ölçümlerin detaylı dökümü EK-1’de verilmiştir.

Maçka OİŞ sınırlarında 28 adet orman yoluna ek olarak 4380-025 kodlu orman yoluna ait bir bağlantı yolu ve 4380-027 kodlu orman yoluna ait bağlantı yolu bulunmaktadır. Bağlantı yolları, 2 km’den kısa uzunluğa sahiplerse, bağlı oldukları yolun kod numarasını alır ve sonunda 1, 2, 3 olarak isimlendirilir (OGM292, 2008). Bu bağlantı yolları ile orman yollarının sayısı 30’a yükselmektedir. Orman yollarından 10 tanesi (4380-007, 4380-011, 4380-014, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027-1 ve 4380-028) kodlu yollar OGM tarafından planlama aşamasındadır. Planlama aşamasında olan yolların bazı arazi verileri “Average Nearest Neighbor” (ANN) yöntemi ile türetilmiştir (Gold, 2020). Ekolojik senaryo üzerinde yol genişliği, kazı şevi yüksekliği, yol boyu şevi-heyelan ve yolun eğimi verileri toplanmıştır. Ekonomik senaryo üzerine yatay kurp yoğunluğu, inşaat genişliği ve yol deformasyon verileri toplanmıştır. Sosyal senaryo üzerine yolun eğimi ve kazı şevi yeşillenme yüzdesi verileri toplanmıştır.



Şekil 18. Standart bir orman yolunun enine kesiti ve elemanları

Teknik senaryo üzerinde platform genişliği, banket genişliği, hendek genişliği, ağaçların yola yakınlığı, üst yapı durumu (Göçük), karşılaşma noktaları, yolun eğimi, emval miktarı ve hizmet süresi verileri toplanmıştır. Şekil 18’de standart bir orman yolunun enine kesiti gösterilmiştir. Standart bir orman yolunda verilerin elde edilmesi aşamasında, arazi ölçümü yapılan değişkenlerin bir kısmı bu şekil üzerinden görülebilmektedir. Verilerin alınabilmesi için çelik şerit metre, konumlama için GPS alıcısı, uzaklık ölçümleri için telemetre, eğimlerin ölçülmesi için klizimetre ve ölçülen noktaların işaretlenmesi için spreylere boya kullanılmıştır.

Ekonomik etkinlik senaryosunda bulunan orman yollarındaki göçük sayısını bulmak amacıyla, yol üzerinde gözlenen göçük sayısı 10000 ile çarpılmıştır. Bu değer yol uzunluğu ve yol genişliğinin çarpımına bölünerek, 1 km²’lik alan için yol deformasyon yoğunluğu bulunmuştur. Bu değer adet/km² şeklindedir (Tablo 10).

2.2.4. Average Nearest Neighbor Yöntemi

Average Nearest Neighbor yöntemi, ağ analizi, sınıflandırma, zaman serisi, coğrafya, biyoloji, kimya, fizik ve kablosuz iletişim dahil olmak üzere çeşitli disiplinlerde kullanılan çok yönlü bir tekniktir. Ağ analizi bağlamında, bir düğümün komşularının ortalama derecesinin hesaplanmasını ve daha sonra bu değerlerin belirli bir derecedeki tüm düğümler üzerinden ortalamasının alınmasını içerir ve bunun sonucunda ANNR adı verilen bir derecenin fonksiyonu elde edilir (Yao, 2017).

ANN oranını hesaplamak için kullanılan temel formül aşağıdaki gibidir:

$$\text{ANN Derecesi} = \frac{\text{Gözlemlenen ortalama en yakın komşu}}{\text{Beklenen ortalama en yakın komşu}} \quad (5)$$

Gözlenen en yakın komşu, gözlemlenen ortalama en yakın komşu mesafesidir. Bu, her bir noktanın en yakın komşusu ile olan mesafelerinin ortalamasıdır (5). Beklenen komşu mesafe ise beklenen ortalama en yakın komşu mesafesidir. Eğer noktalar rastgele bir şekilde dağılmış olursa, rastgele bir düzen içinde beklenen en yakın komşu mesafesinin ortalaması gözlenen en yakın komşu mesafesidir.

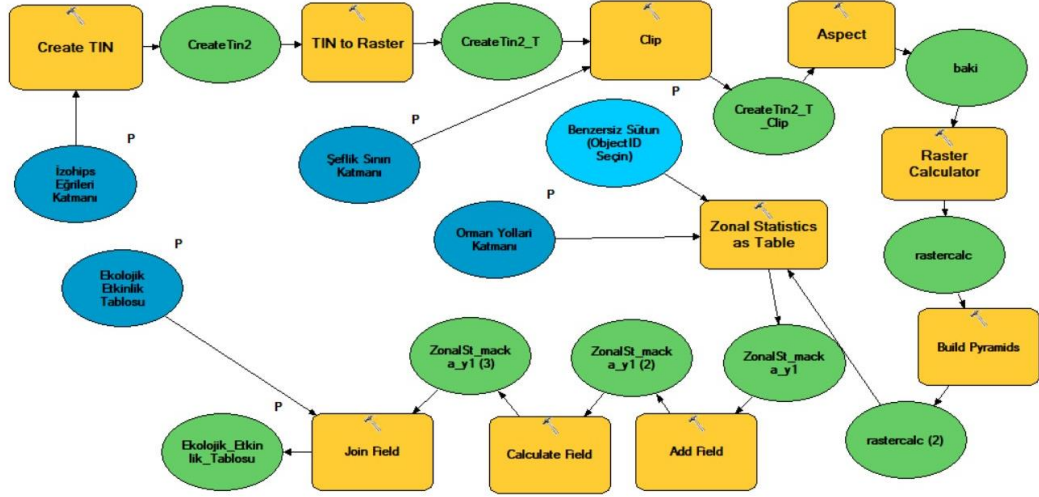
ANN derecesinin değeri 1'e ne kadar yakınsa, noktaların düzenli (clustered) bir dağılımı o kadar güçlüdür. 1'den küçük olması durumu, düzenli dağılımı işaret eder. 1'den büyük olması durumu ise rasgele bir dağılımı ifade eder.

Bu durum için beklenen ortalama değerlerin ortaya konması amacıyla, $\hat{y} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i$ K-En Yakın Komşu algoritması ile en yakın komşu belirlenmiştir. Bu algoritmada, $\hat{y}$ eksik değeri tahmin edilen değişken, k belirlenen komşu sayısı, y_i algoritma ile belirlenen en yakın k komşusunun değeridir (Van Der Hoorn, 2018).

Maçka OİŞ içerisinde OGM tarafından planlanan orman yolları için herhangi bir inşaa faaliyeti bulunmadığı için, senaryolarda bulunan bazı değişkenlerin arazi ölçümleri elde bulunamamaktadır. Gözlem veya arazi çalışması ile bu değerler elde edilememektedir. ANN yöntemi, OGM tarafından planlanan ancak inşası gerçekleştirilemeyen orman yollarının bu değerlerin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. OGM tarafından planlanan ancak inşası gerçekleştirilmeyen bu yollar, 4380-007, 4380-011, 4380-014, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027-1 ve 4380-028 kodlu orman yollarıdır (Tablo 10). ANN yöntemi, yalnızca yeni planlanan orman yollarında ekolojik senaryo için yol genişliği, kazı şevi yüksekliği, yol boyunca gözlenen şev-heyelan değişkenlerinde; ekonomik senaryo için inşaat genişliği değişkeninde, yol deformasyonunu etkileyen göçük sayısı ve yol genişliği değişkenlerinde; sosyal senaryo için kazı şevi yeşillenme oranı değişkeninde ve teknik senaryo için platform genişliği, banket genişliği, hendek genişliği, karşılaşma noktası ve yol deformasyonunu etkileyen göçük sayısı ve yol genişliği değişkenlerinde kullanılmıştır.

2.2.5. Ekolojik Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli

Ekolojik etkinlik senaryosunda değişkenlerin bazıları CBS paket programı ile elde edilmiştir. ArcGIS programı üzerinden Arcpy destekli Modelbuilder ile bu model kodlanmıştır. Ekolojik etkinlik senaryosu için 3 adet arazi ölçümüne (Yol genişliği, kazı şevi yüksekliği, yol boyu şev-heyelan) ek olarak, 6 adet CBS modeli tasarlanmıştır. Bu tasarımlardan önce “Ekolojik Etkinlik Tablosu” isimli bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablonun oluşturulması için, 1 adet python programlama dili tabanlı CBS modeli hazırlanmıştır. Bu modül, tabloyu oluşturmanın yanında, yol uzunluğunu hesaplayarak sütun olarak eklemektedir. Böylece verilerin elde edilmesi amacıyla toplam 10 adet CBS Modeli oluşturulmuştur.



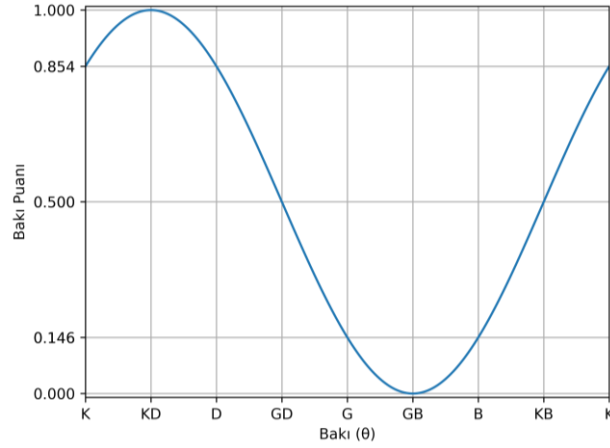
Şekil 19. Ekolojik etkinlik için bakı puanı hesabı CBS modeli

Ekolojik etkinlik için bakı puanı hesabı CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 19). İlk olarak, “Eş Yükselti Eğrileri” katmanı kullanılarak "Create TIN" işlemi uygulanmıştır. Böylece Triangulated Irregular Network (TIN) oluşturulmuştur. Oluşan TIN daha sonra "TIN to Raster" işlemi kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Elde edilen raster çıktısı, “Şeflik Sınırı Katmanı” ile "Clip" işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamanın ardından elde edilen çıktı üzerinde "Aspect" işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, "Raster Calculator" işlemi kullanılarak yeni bir raster çıktısı elde edilmiştir. Raster Calculator işleminde kuzeyli bakılara daha fazla, güneyli bakılara daha az olmak üzere puanlandırma yapılmıştır.

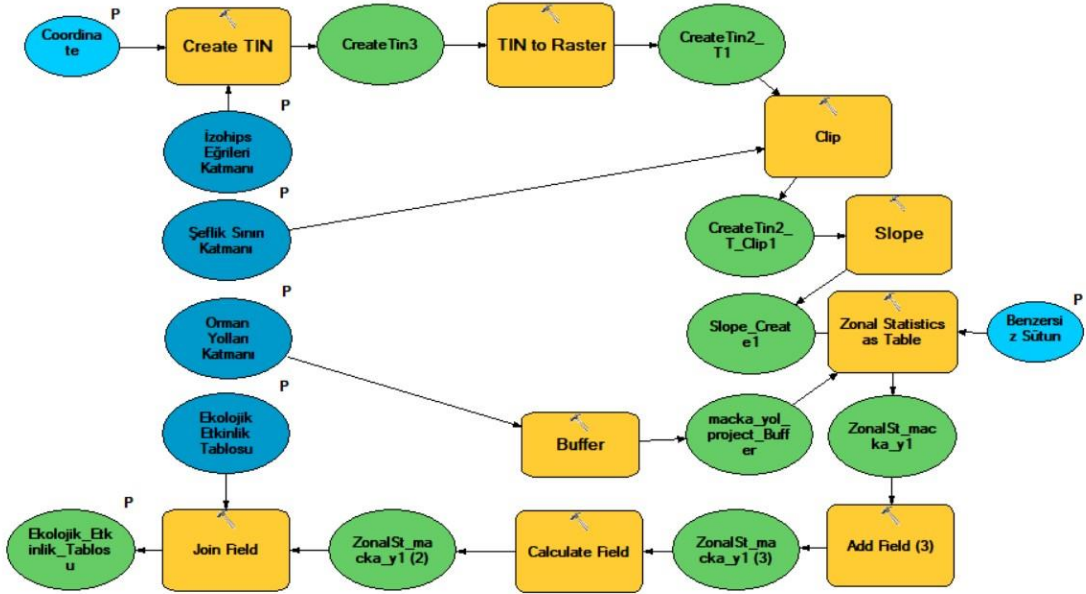
$$bakı\ puanı = \frac{\sin\left(2\pi \frac{1}{360} * \%baki\% - \frac{3\pi}{4}\right) + 1}{2} \quad (6)$$

Eşitlik (6)'da gösterildiği gibi, bakı puanı hesaplamak için yapılan hesaplamada “%baki%” değişkeni raster içerisindeki her pikselin bakı değerini temsil etmektedir.

Elde edilen sinüs eğrisi ile bakı puanı 0 ile 1 arasında normalize edilmiş olur. Kuzeyli bakılar 1 puana daha yakın iken, güneyli bakılar 0'a daha yakındır (Şekil 20). Orman Yolları Katmanı ile "Build Pyramids" işleminden elde edilen çıktı üzerinde "OBJECTID" alanına göre "Zonal Statistics as Table" işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktıya "bakı_puanı" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Ek olarak, bu çıktının ortalaması alınarak "Join Field" işlemi kullanılarak bu bilgi, Ekolojik Etkinlik Tablosu'na eklenmiştir. Böylece Ekolojik Etkinlik tablosunda “bakı_puanı” sütunu eklenmiştir.



Şekil 20. Bakı puanı hesabında sinüs eğrisi

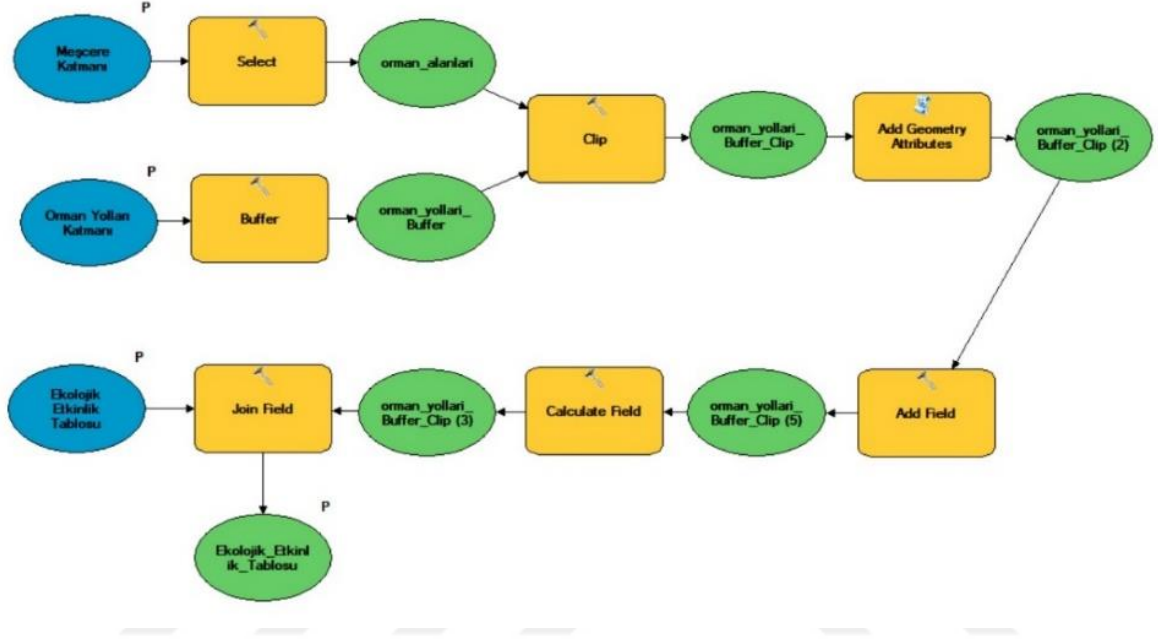


Şekil 21. Ekolojik etkinlik için yamaç eğimi hesabı CBS modeli

Ekolojik etkinlik için yamaç eğimi hesabı CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 21). İlk olarak, İzohips Eğrileri katmanını üzerinden "Create TIN" işlemi uygulanarak bir TIN oluşturulmuştur. Oluşan TIN daha sonra "TIN to Raster" işlemi kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Bu raster çıktısı, Şeflik Sınırı Katmanı ile "Clip" işlemine tabi tutulmuştur. Ardından, bu işlemin çıktısı üzerinde "Slope" işlemi uygulanmıştır.

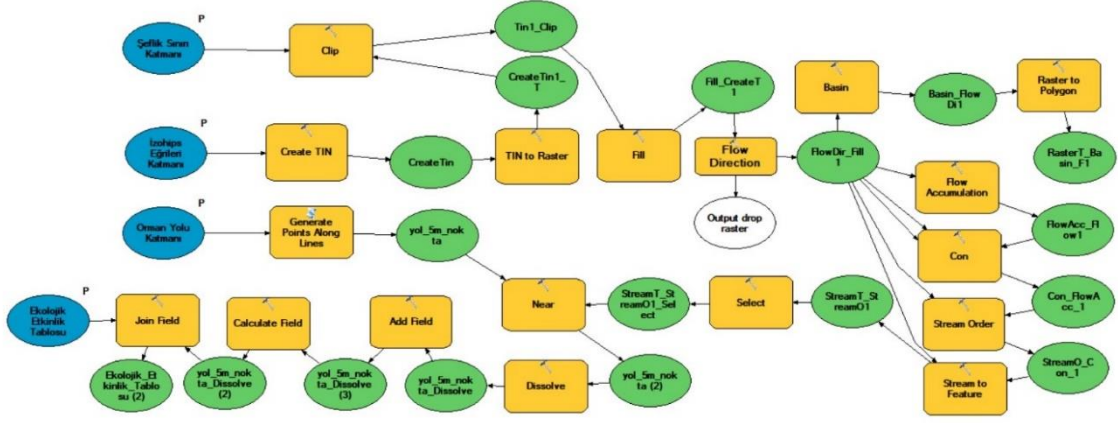
Aynı zamanda, Orman Yolları Katmanı üzerine bir "Buffer" işlemi uygulanmıştır. Bu buffer işleminden elde edilen çıktı ile önceki "Slope" işleminden gelen çıktı arasında "Zonal

Statistics as Table" işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktıya "Yamac_Egimi" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Daha sonra, bu sütundaki değerlerin ortalaması alınarak "Join Field" işlemi kullanılarak bu bilgi, Ekolojik Etkinlik Tablosu'na eklenmiştir. Böylece Ekolojik Etkinlik tablosunda “Yamac_Egimi” sütunu eklenmiştir.



Şekil 22. Ekolojik etkinlik için kayıp orman alanı CBS modeli

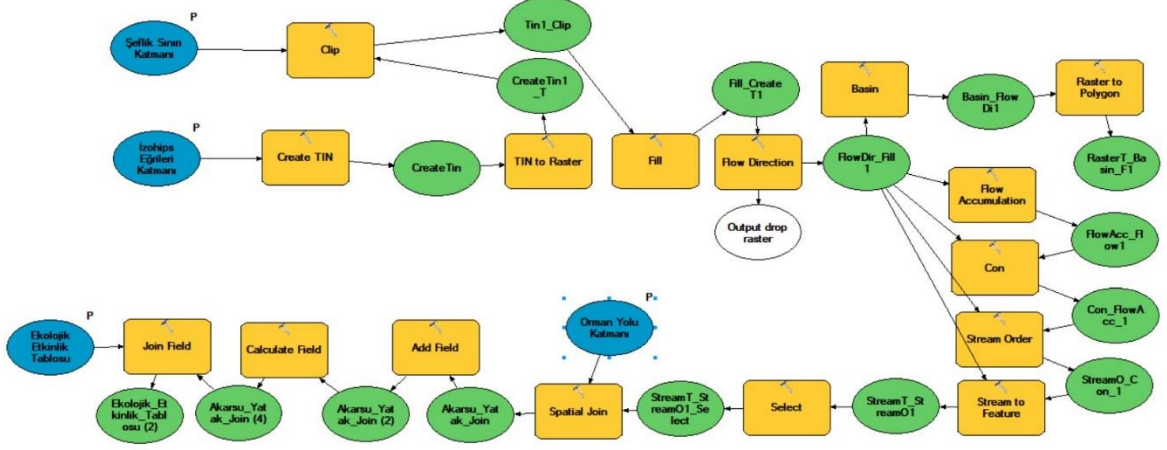
Ekolojik etkinlik için inşaat genişliğine bağlı kayıp orman alanını bulmak amacıyla CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 22). Meşcere Katmanı üzerinde "ARZ_KUL" değeri 3'e eşit veya daha küçük olan özellikleri içeren bir "Select" işlemi gerçekleştirilmiştir. CBS modeli ile hesaplaması yapılan orman yollarının inşaat alanı genişliği, literatüre uygun olarak 20 metre olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, Orman Yolları Katmanı üzerine 20 metre inşaat genişliğine bağlı "Buffer" işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin çıktısı, önceki "Select" işleminden gelen verilerle "Clip" işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada elde edilen verilere "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanmış ve bu işlemle birlikte "Kayıp_Orman" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Bu yeni sütuna, "POLY_AREA" alanına dayalı olarak "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Son olarak, bu işlemlerden elde edilen veriler "Join Field" işlemi ile Ekolojik Etkinlik Tablosuna eklenmiştir. Böylece Ekolojik Etkinlik tablosunda “Kayıp_Orman” sütunu eklenmiştir.



Şekil 23. Ekolojik etkinlik için akarsu yataklarına olan uzaklık CBS modeli

Ekolojik etkinlik için akarsu yataklarına olan uzaklık CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 23). İzohips Eğrileri Katmanı üzerinden bir "TIN" oluşturulmuştur ve ardından "TIN to Raster" aracı kullanılarak bu TIN raster formata dönüştürülmüştür. Daha sonra, Şeflik Sınır Katmanı ile "clip" işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çıktı, "Fill" işlemine tabi tutularak "Flow Direction" işlemine yönlendirilmiştir. Bu adımları takiben, "Basin" işlemi uygulanmış ve çıktı polygon formatına dönüştürülmüştür. "Flow Direction" işleminden sonra, "Flow Accumulation" aracı kullanılmıştır. Bu araçtan gelen çıktı ile "Flow Direction" işleminden elde edilen çıktı arasında "Con" işlemi gerçekleştirilmiştir. Con işlemi, koşullu bir if/else değerlendirmesi yaparak, girdinin her pikselinde yükseklik değerine uygun olarak sınıflandırma yapar. Ardından, bu işlemde elde edilen çıktı ile "Flow Direction" işleminden gelen çıktıya "Stream Order" işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde elde edilen çıktı ile yine "Flow Direction" işleminden gelen çıktıya "Stream to Feature" işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, bu işlemde gelen çıktıdan 'grid_code >= 6' olanlar seçilmiştir. Burada grid_code sütununda 6'ya göre işlem yapılmasının nedeni, akarsu yataklarının 6 grid kodundan büyük olanlar olmasıdır. Böylece dereler elde edilmiştir. Devamında, orman yolu katmanı seçilmiş ve bu katmana "Generate Points Along Lines" işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktı ile önceki adımda seçilen verilere "Near" işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde elde edilen çıktıya 'orig_fid' (orman yolları idleri) sütununa göre "Dissolve" işlemi uygulanmıştır. Elde edilen çıktıya 'Akarsu' adında yeni bir sütun eklenerek bu sütuna değerlerin ortalaması yazılmıştır. Son olarak, elde edilen veriler Ekolojik Etkinlik

Tablosu'na "Join" işlemi ile eklenmiştir. Böylece Ekolojik Etkinlik tablosunda “Akarsu” sütunu eklenmiştir.



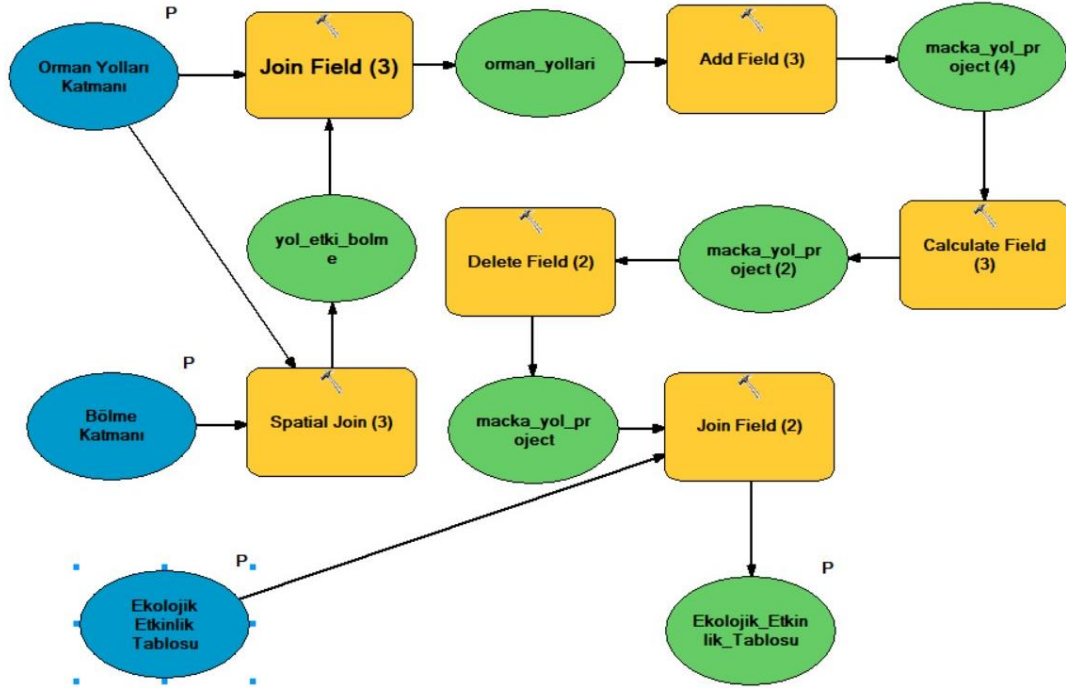
Şekil 24. Ekolojik etkinlik için potansiyel sanat yapısı sayısı CBS modeli

Ekolojik etkinlik için potansiyel sanat yapısı sayısı CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 24). İlk aşamada, İzohips Eğrileri Katmanı üzerinden bir TIN (Triangulated Irregular Network) oluşturulmuştur ve bu TIN daha sonra “TIN to Raster” aracı kullanılarak raster formata dönüştürülmüştür. Ardından, Şefflik Sınır Katmanı ile “clip” işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin çıktısı, “Fill” işlemine tabi tutularak ardından “Flow Direction” işlemine sokulmuştur. Sonrasında ise bu işlemlerin sonucunda oluşan alanlara “Basin” işlemi uygulanmış ve elde edilen sonuç polygon formatına dönüştürülmüştür.

“Flow Direction” işleminden sonra, “Flow Accumulation” aracı kullanılmıştır. Bu araçtan gelen çıktı ile “Flow Direction” işleminden elde edilen çıktı arasında “Con” işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından, bu işlemde elde edilen çıktı ile “Flow Direction” işleminden gelen çıktıya “Stream Order” işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde gelen çıktı ile yine “Flow Direction” işleminden gelen çıktıya “Stream to Feature” işlemi uygulanmıştır. Elde edilen son çıktıda ‘grid_code >= 5’ olanlar seçilmiştir. Burada grid_code sütununda 5’e göre işlem yapılmasının nedeni, 5 grid kodundan büyük ve eşit olanların, akarsu yatakları ve kuru derelerin 5 grid kodunu temsil etmesidir.

Orman Yolu katmanı seçilmiş ve bu katman üzerinde “Select” aracı kullanılarak belirli veriler seçilmiştir. Seçilen verilere, Orman Yolu katmanı ile “Spatial Join” işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda, “Sanat Yapısı” adında yeni bir sütun eklenmiştir.

Ardından, bu işlemten elde edilen çıktı üzerinde “Join Count” alanına göre “Calculate Field” işlemi yapılmıştır. Son olarak, bu işlemlerden elde edilen çıktılar, “Join” aracı ile Ekolojik Etkinlik Tablosu’na eklenmiştir. Böylece Ekolojik Etkinlik tablosunda “Sanat_Yapisi” sütunu eklenmiştir.



Şekil 25. Ekolojik etkinlik için bağlantı sağlanan alanlar CBS modeli

Ekolojik etkinlik için bağlantı sağlanan alanlar CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 25). Bölme Katmanı üzerinde “JOIN_ONE_TO_ONE” yöntemine dayalı olarak “Spatial Join” işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin çıktısı ile Orman Yolları Katmanı üzerinde “Join Count” alanı seçilerek “Join Field” işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, bu işlemle birlikte “Baglanti_Alan” adında yeni bir sütun oluşturulmuştur. “Join_Count” alanına göre “Calculate Field” işlemi uygulanmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra “Join_Count” sütunu silinmiştir. Elde edilen veriler, “Join Field” işlemi kullanılarak Ekolojik Etkinlik Tablosu’na eklenmiştir. Böylece Ekolojik Etkinlik tablosunda “Baglanti_Alan” sütunu eklenmiştir.

Tüm değişkenlerle birlikte Ekolojik Etkinlik isimli bir ArcGIS “Toolbox” oluşturulmuştur. Bu “Toolbox” üzerinden son kullanıcının da kullanımı sağlanmıştır (URL-1, 2023, Ocak 9; URL-2, 2023, Ocak 9).

Ekolojik etkinlik senaryosu için oluşturulan CBS modelleri ile elde edilen bu değişkenler, araziden elde edilen yol genişliği, kazı şevi yüksekliği ve yol boyunca gözlenen

heyelan sayısı değişkenleri ile birleştirilerek ekolojik etkinlik senaryosu için kullanılacak verilerin elde edilmesi tamamlanmıştır.

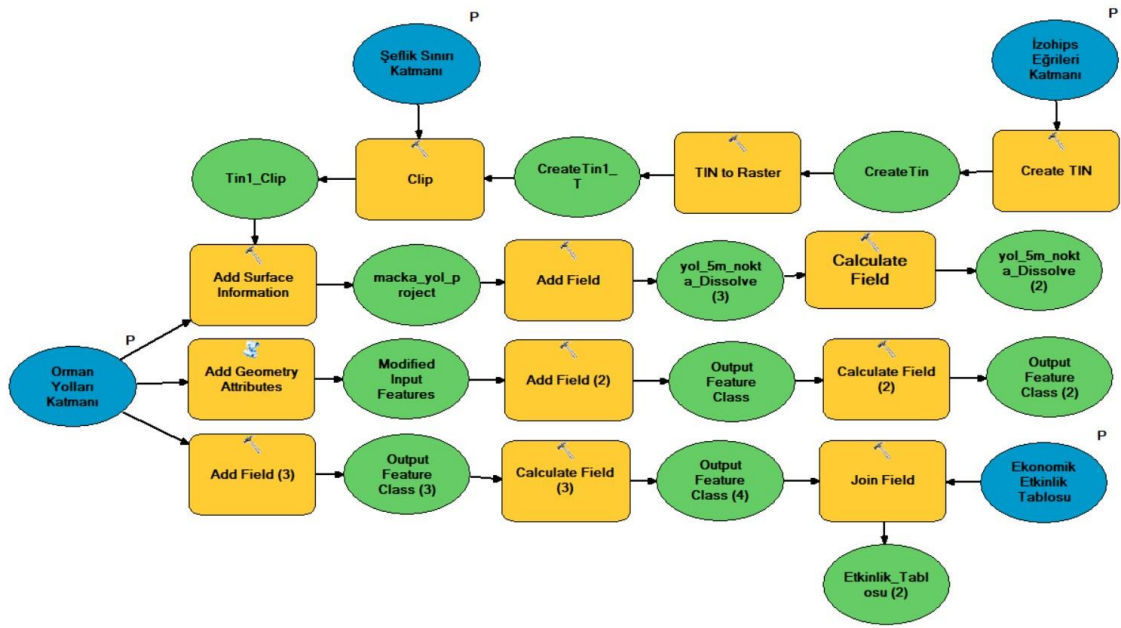
2.2.6. Ekonomik Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli

Ekonomik etkinlik senaryosunda değişkenlerin bazıları CBS paket programı ile elde edilmiştir. ArcGIS programı üzerinden Arcpy destekli Modelbuilder ile bu model kodlanmıştır. Ekonomik etkinlik senaryosu için 7 adet arazi ölçümüne (yatay kurp yoğunluğu, inşaat alanı genişliği, yol göçük sayısı, yol genişliği, yol deformasyon yoğunluğu, ortalama yol aralık mesafesi ve emval miktarı yoğunluğu) ek olarak, 7 adet CBS modeli tasarlanmıştır. Bu tasarımlardan önce “Ekonomik Etkinlik Tablosu” isimli bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablonun oluşturulması için, 1 adet python programlama dili tabanlı CBS modeli hazırlanmıştır. Bu modül, tabloyu oluşturmanın yanında, yol uzunluğunu hesaplayarak sütun olarak eklemektedir. Böylece verilerin elde edilmesi amacıyla toplam 15 adet CBS Modeli oluşturulmuştur.

Ekonomik etkinlik senaryosu girdi değişkenlerinden olan “bakı puanı” ve “yolun geçtiği yamaç eğimi” CBS modelleri ve çıktı değişkenlerinden “potansiyel sanat yapısı sayısı” değişkeni, ekolojik etkinlik senaryosu CBS modellerinde anlatıldığı gibi yeniden tasarlanarak, ekonomik etkinlik senaryosu CBS modellerine uygun olarak eklenmiştir. Ekolojik etkinlik senaryosu CBS modelleri bölümünde bu değişkenlerin model tasarımları anlatılmıştır.

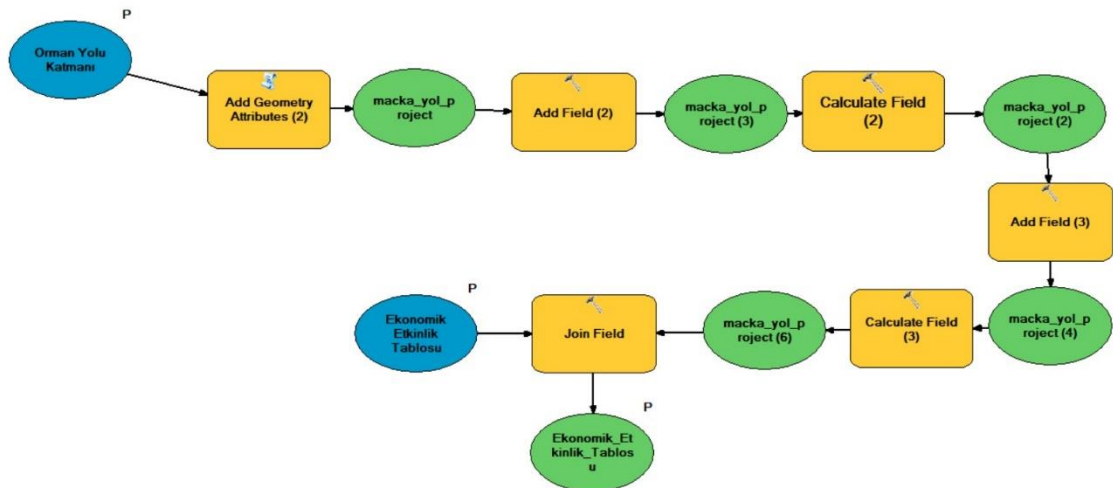
Ekonomik etkinlik için kıvrımlılık faktörü CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 26). İzohips eğrileri katmanı kullanılarak gerçekleştirilen işlemlerle başlayarak, "Create TIN" işlemi ile TIN oluşturulmuştur. Oluşturulan TIN, "TIN to Raster" işlemi kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Elde edilen raster verisi, Şeflik Sınırı Katmanı ile "Clip" işlemine tabi tutulmuştur. Ardından, elde edilen çıktıya Orman Yolları Katmanı eklenerek, "Add Surface Information" işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu aşamada, "DusUzunluk" adında yeni bir sütun eklenerek, "SLength" değerine göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Orman Yolları katmanına "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanarak, bu katmana "Yol_Uzunluk2" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Daha sonra, "Length" değerine göre "Calculate Field" işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 26. Ekonomik etkinlik için kıvrımlılık faktörü CBS modeli

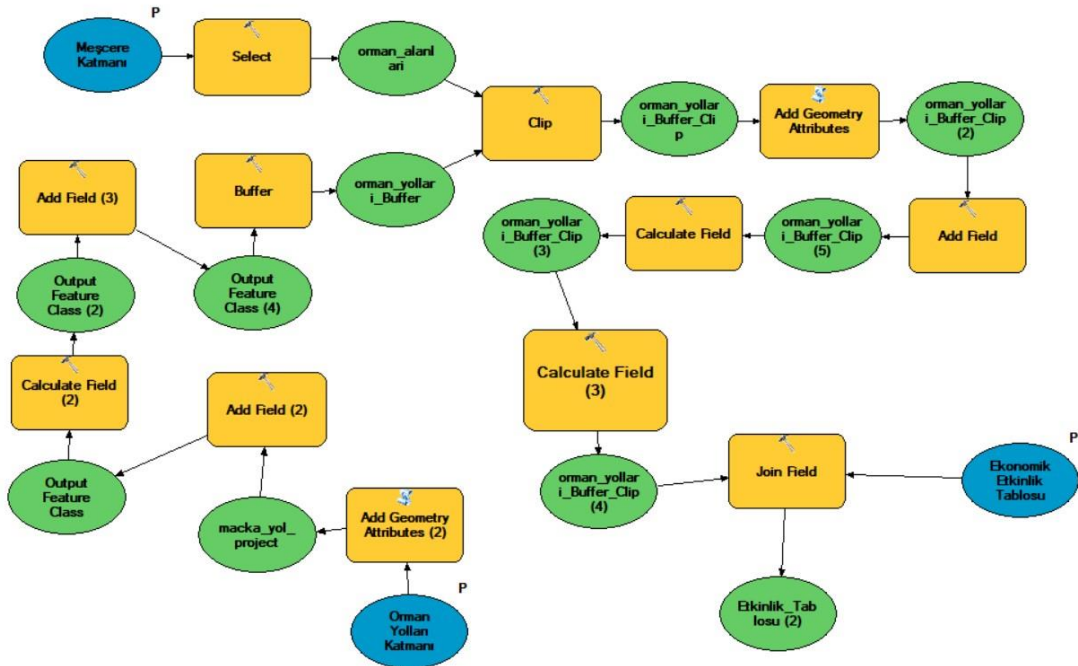
Son adımda, Orman Yolları Katmanına "Kivrim_Faktor" adında yeni bir sütun eklenerek, "[DusUzunluk] / [Yol_Uzunluk2]" formülüne göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Elde edilen çıktı, "Join Field" işlemi ile Ekonomik Etkinlik Tablosuna eklenmiştir. Böylece Ekonomik Etkinlik tablosunda "Kivrim_Faktor" sütunu eklenmiştir.



Şekil 27. Ekonomik etkinlik için dolambaçlılık faktörü CBS modeli

Ekonomik etkinlik için dolambaçlılık faktörü CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 27). Orman Yolları Katmanına uygulanan "Add Geometry Attributes" işlemiyle, geometrik özelliklere ilişkin bilgilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu işlem sonucunda, "Planar_Uzunluk" adında yeni bir sütun eklenerek, yol segmentinin düzlemsel uzunluğu hesaplanmıştır. Daha sonra, bu uzunluğu hesaplamak için kullanılan matematiksel formül, " $\text{math.sqrt}((\text{!START_X!} - \text{!END_X!})^2 + (\text{!START_Y!} - \text{!END_Y!})^2)$ " olarak belirlenmiştir. Bu formül, yolun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki uzaklığı ifade eder.

Elde edilen bu uzunluk bilgisi temelinde, "Dolambac_Faktor" adında yeni bir sütun eklenerek, yolun dolambaç faktörü hesaplandı. Bu hesaplama, " $[\text{Length}]/[\text{Planar_Uzunluk}]$ " formülüne dayanmaktadır ve yolun uzunluğu ile düzlemsel uzunluğu arasındaki oranı ifade eder. Son olarak, bu dolambaç faktörü, "Join Field" işlemi kullanılarak Ekonomik Etkinlik Tablosuna entegre edildi. Böylece Ekonomik Etkinlik tablosunda "Dolambac_Faktor" sütunu eklenmiştir.



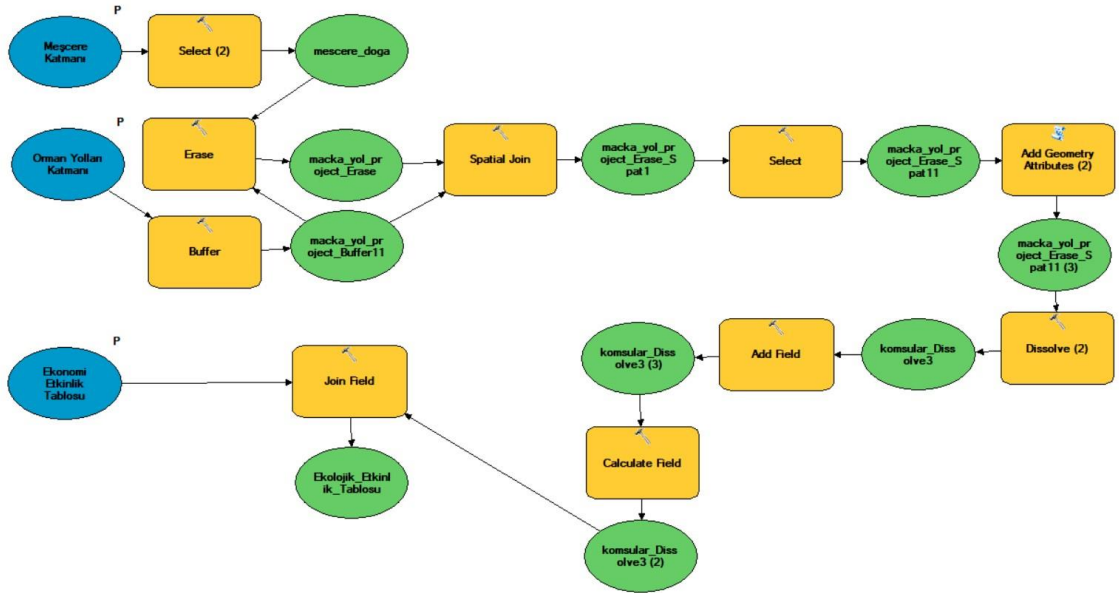
Şekil 28. Ekonomik etkinlik için alan uzunluk oranı CBS modeli

Ekonomik etkinlik için alan uzunluk oranı (orman dışı alanlar dahil edilmiştir) CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 28). Orman yolları katmanı üzerine "Add Geometry Attributes" işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktıya,

"Yol_Uzunluk" adında yeni bir sütun eklenmiş ve ardından "LENGTH" değerine göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Bu adımdan sonra, elde edilen çıktıya "Buffer" işlemi uygulanmıştır.

Daha sonrasında, Meşcere Katmanı üzerinde, "ARZ_KUL" değeri 3'ten küçük olan öğeleri içeren bir "Select" işlemi gerçekleştirilmiştir. "ARZ_KUL" değerinin 3'ten küçük olarak seçilmesinin nedeni, OGM tarafından hazırlanan meşcere veri tabanında, 3 kodundan küçük değerlerin ormanlık alanları gösteriyor olmasıdır. Bu seçilen öğeler, önceki adımda oluşturulan "Buffer" ile kesişen alanlara "Clip" işlemi uygulanarak belirlenmiştir. Bu kesişen alanlara ilişkin bilgileri içeren çıktıya, tekrar "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanmış ve bu aşamada "Isletmeye_Acılan_Alan" adında yeni bir sütun eklenmiştir.

Daha sonra, bu yeni sütuna, "POLY_AREA" değerine göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Elde edilen çıktıya, "[Isletmeye_Acılan_Alan]/[Yol_Uzunluk]*500" formülüne göre bir hesaplama yapılarak "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Burada 500 değerinin kullanılma nedeni, istenen yol aralık mesafesinin 500 metre olmasıdır. Son olarak, bu değerler "Join Field" işlemi ile Ekonomik Etkinlik Tablosuna eklenmiştir. Böylece Ekonomik Etkinlik tablosunda "Alan_Uzun_Oran" sütunu eklenmiştir.



Şekil 29. Ekonomik etkinlik için ekonomik fonksiyonlu meşcereler CBS modeli

Ekonomik etkinlik için ekonomik fonksiyonlu meşcereler CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 29). Meşcere katmanı üzerine uygulanan işlemlerle başlayarak,

"FONK1<199999 OR FONK2 < 199999" koşuluna göre "Select" işlemi gerçekleştirilmiştir. Fonk1 ve Fonk2 değerlerinin 199999 değerinden büyük olarak select yapılmasının nedeni, bu rakamdan küçük fonksiyon kodlarının, OGM tarafından oluşturulan meşcere veri tabanlarında üretim ormanı olarak kodlanmasıdır. Ardından, Orman Yolları Katmanı üzerine "Buffer" atılarak, önceki aşamada seçilen meşcereler "Erase" işlemine tabi tutulmuştur. Bu iki işlemin çıktıları, "Spatial Join" işlemi ile birleştirilmiş ve "Join_Count" değeri 0'dan büyük olan öğeler seçilmiştir.

Daha sonra, seçilen öğeler üzerine "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanmıştır. Elde edilen çıktı, "YOL_KODU" değerine göre "Dissolve" işlemine tabi tutularak birleştirilmiştir. Bu birleştirme aşamasında, "Ekonomik" adında yeni bir sütun eklenerek, "SUM_POLY_AREA" değerine göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır.

Son olarak, hesaplanan değerler "Join Field" işlemi kullanılarak Ekonomik Etkinlik Tablosuna entegre edilmiştir. Bu süreç, Meşcere Katmanı üzerinde belirli koşullara göre seçim yapma, ardından bu seçilen öğeleri Orman Yolları Katmanı üzerinde belirli işlemlere tabi tutma ve son olarak elde edilen sonuçları Ekonomik Etkinlik Tablosuna entegre etme aşamalarını içermektedir. Böylece Ekonomik Etkinlik tablosunda “Ekonomik” sütunu eklenmiştir.

Tüm değişkenlerle birlikte Ekonomik Etkinlik isimli bir ArcGIS “Toolbox” oluşturulmuştur. Bu “Toolbox” üzerinden son kullanıcının da kullanımı sağlanmıştır (URL-1, 2023, Ocak 9; URL-2, 2023, Ocak 9).

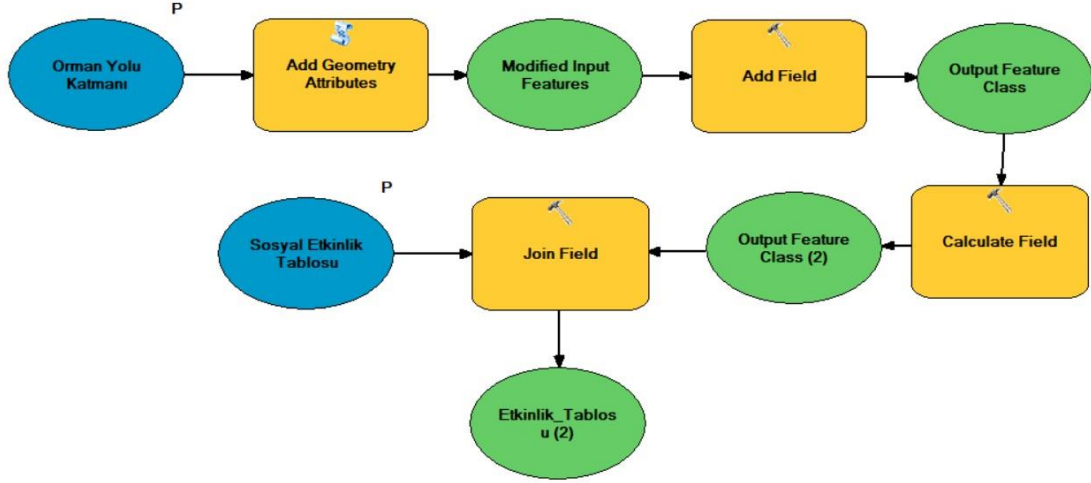
Ekonomik etkinlik senaryosu için oluşturulan CBS modelleri ile elde edilen bu değişkenler, araziden elde edilen inşaat alanı genişliği, yol deformasyon yoğunluğu, emval miktarı ve ortalama yol aralık mesafesi değişkenleri ile birleştirilerek ekonomik etkinlik senaryosu için kullanılacak verilerin elde edilmesi tamamlanmıştır.

2.2.7. Sosyal Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli

Sosyal etkinlik senaryosunda değişkenlerin bazıları CBS paket programı ile elde edilmiştir. ArcGIS programı üzerinden Arcpy destekli Modelbuilder ile bu model kodlanmıştır. Sosyal etkinlik senaryosu için 3 adet arazi ölçümüne (yolun eğimi, kazı şevi yeşillenme oranı ve hizmet süresi) ek olarak, 5 adet CBS modeli tasarlanmıştır. Bu tasarımlardan önce “Sosyal Etkinlik Tablosu” isimli bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablonun

oluşturulması için, 1 adet python programlama dili tabanlı CBS modeli hazırlanmıştır. Böylece verilerin elde edilmesi amacıyla toplam 9 adet CBS Modeli oluşturulmuştur.

Sosyal etkinlik senaryosu girdi değişkenlerinden olan “dolambaçlılık faktörü” CBS modeli, ekonomik etkinlik senaryosu CBS modellerinde anlatıldığı gibi yeniden tasarlanarak, sosyal etkinlik senaryosu CBS modellerine uygun olarak eklenmiştir.

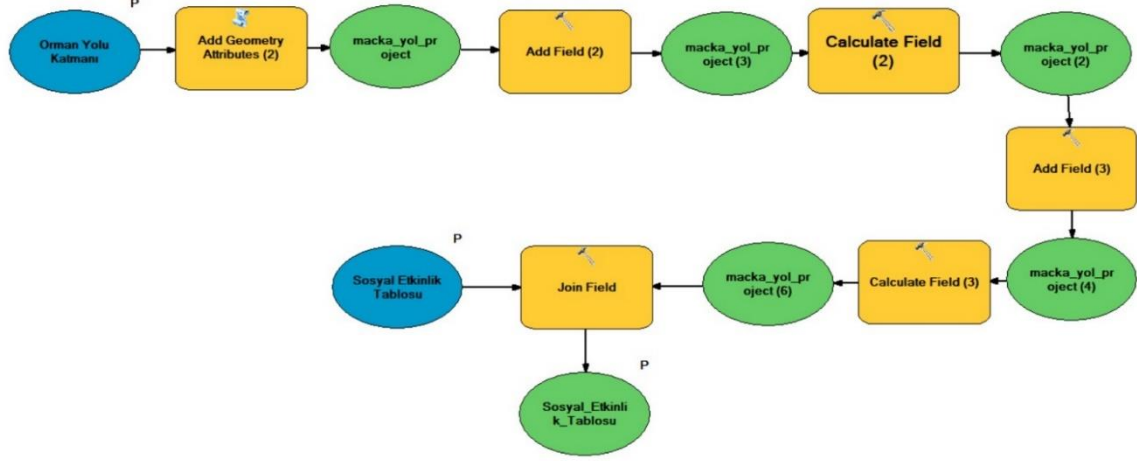


Şekil 30. Sosyal etkinlik için yol uzunluğunu hesaplama CBS modeli

Sosyal etkinlik için yol uzunluğunu hesaplama CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 30). İlk olarak, analiz sürecinin odak noktası olan "Orman Yolu" katmanı seçilmiştir. Ardından, seçilen bu katman üzerinde geometrik bir şekilde metrik uzunluk değeri hesaplanmıştır. Daha sonra, hesaplanan uzunluk değeri kullanılarak "Yol_uzunluk" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Bu adımda, analizin daha geniş bağlamını incelemek amacıyla "Sosyal Etkinlik Tablosu" seçilmiştir. Son olarak, bu tabloya eklenen yeni uzunluk sütunu, "OBJECTID" alanına göre eşleştirilerek Sosyal Etkinlik Tablosu'na entegre edilmiştir. Böylece Sosyal Etkinlik tablosunda “Yol_Uzunluk” sütunu eklenmiştir.

Sosyal etkinlik için dolambaçlılık faktörü CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 31). Orman Yolları Katmanına uygulanan "Add Geometry Attributes" işlemiyle, geometrik özelliklere ilişkin bilgilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu işlem sonucunda, "Planar_Uzunluk" adında yeni bir sütun eklenerek, yol segmentinin düzlemsel uzunluğu hesaplanmıştır. Daha sonra, bu uzunluğu hesaplamak için kullanılan matematiksel formül, " $\text{math.sqrt}((\text{!START_X!}-\text{!END_X!})**2 + (\text{!START_Y!}-\text{!END_Y!})**2)$ " olarak belirlenmiştir. Bu formül, yolun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki uzaklığı ifade eder.

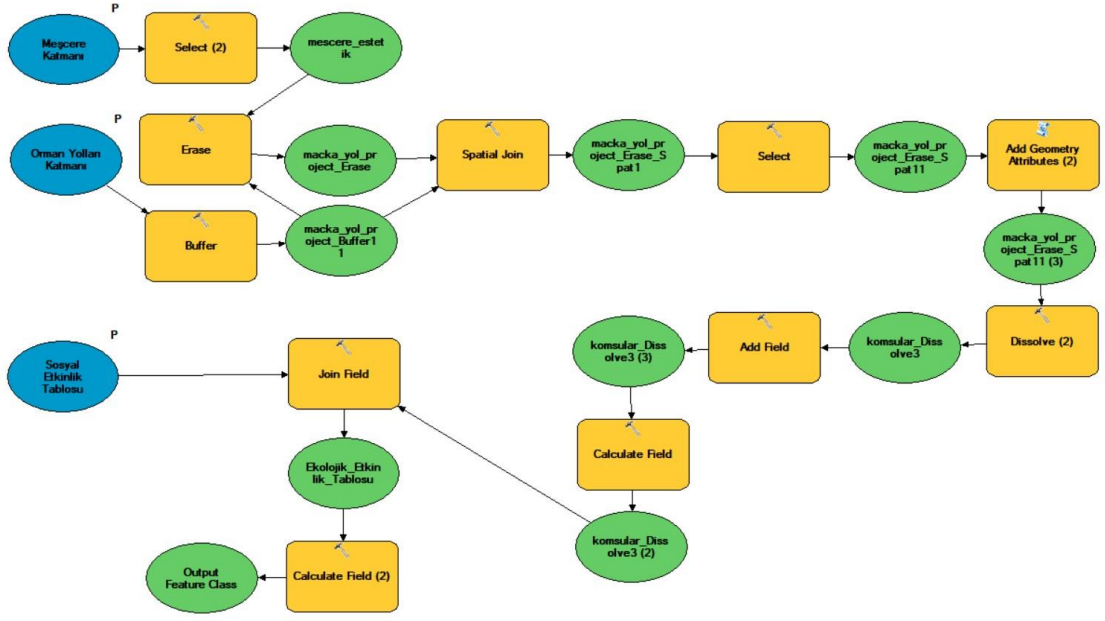
Yolun başlangıç ve son noktalarının koordinatları arasındaki uzaklığın pisagor bağıntısı ile bulunmasıdır.



Şekil 31. Sosyal etkinlik için dolambaçlılık faktörü CBS modeli

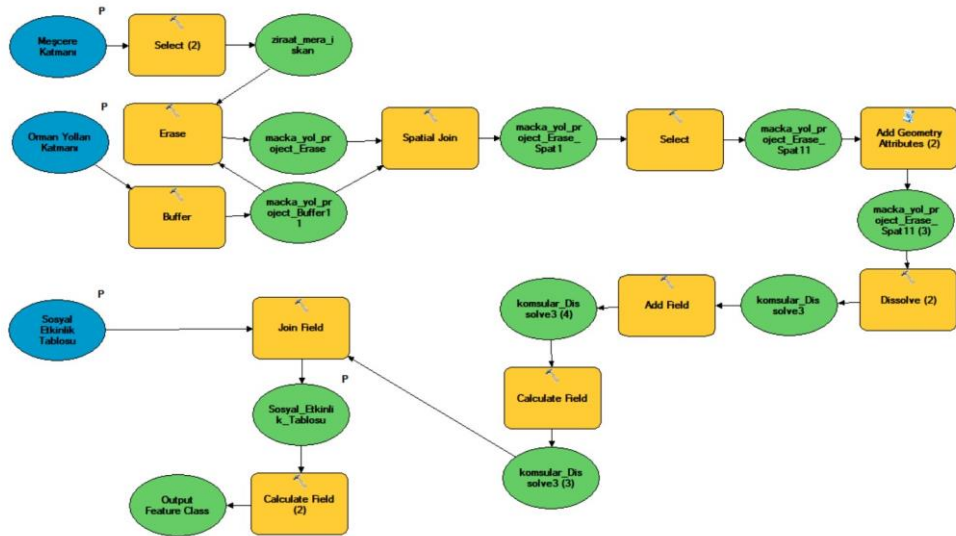
Elde edilen bu uzunluk bilgisi temelinde, "Dolambac_Faktor" adında yeni bir sütun eklenerek, yolun dolambaç faktörü hesaplandı. Bu hesaplama, "[Length] / [Planar_Uzunluk]" formülüne dayanmaktadır ve yolun uzunluğu ile düzlemsel uzunluğu arasındaki oranı ifade eder. Son olarak, bu dolambaç faktörü, "Join Field" işlemi kullanılarak Sosyal Etkinlik Tablosuna entegre edildi. Böylece Sosyal Etkinlik tablosunda "Dolambac_Faktor" sütunu eklenmiştir.

Sosyal etkinlik için estetik orman alanı CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 32). Meşcere katmanını üzerinde "FONK1" alanı değeri "FONK1>330900 AND FONK1<331200 OR FONK2>330900 AND FONK2<331200" özellikleri içeren bir "Select" işlemi gerçekleştirilmiştir. Fonk1 ve Fonk2 değerlerinin, sırasıyla 330900 ile 331200 arasında ve 330900 ile 331200 arasında olmasının nedeni, bu rakamlar arasındaki fonksiyon kodlarının, OGM tarafından oluşturulan meşcere veri tabanlarında estetik amaçlı ormanlar olarak kodlanmasıdır. Ardından, Orman Yolu katmanına bir "Buffer" işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin çıktısı ile önceki "Select" işleminden elde edilen verilere "Erase" işlemi uygulanmıştır. "Erase" işleminden gelen çıktı ile "Buffer" işleminden elde edilen çıktı arasında "Spatial Join" işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktı üzerinde "Join_Count" alanı değeri 0'dan büyük olanları içeren bir "Select" işlemi yapılmıştır.



Şekil 32. Sosyal etkinlik için estetik fonksiyonlu orman alanı CBS modeli

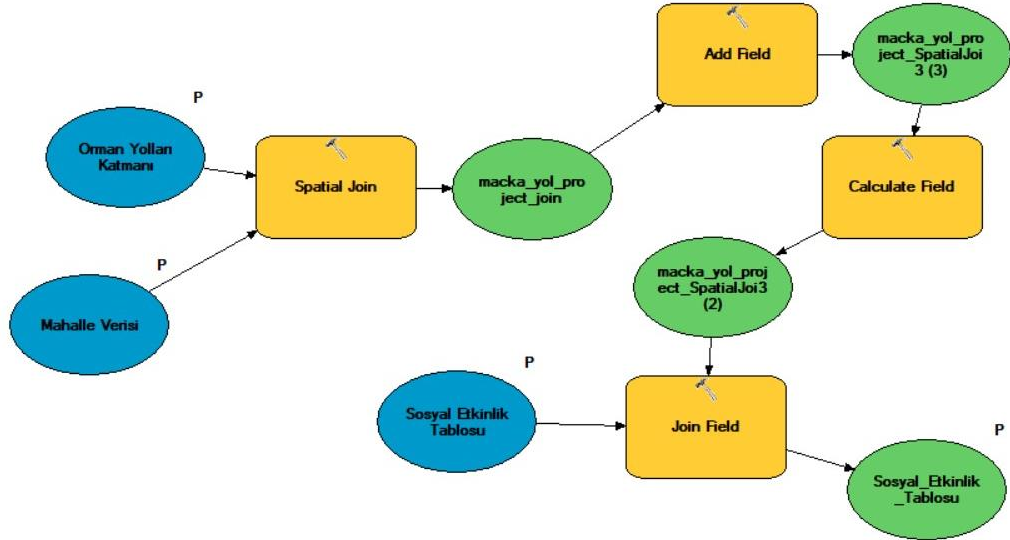
Daha sonra, bu işlemde elde edilen çıktıya "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanmış ve bu işlemle birlikte "Estetik_Orman" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Aynı çıktı üzerinde "YOL_KODU" alanına göre "Dissolve" işlemi gerçekleştirilmiştir. "SUM_POLY_AREA" alanına göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Son olarak, bu işlemlerden elde edilen veriler "Join Field" işlemi ile Sosyal Etkinlik Tablosu'na eklenmiştir. Böylece Sosyal Etkinlik tablosunda "Estetik_Orman" sütunu eklenmiştir.



Şekil 33. Sosyal etkinlik için ziraat mera ve iskan alanları CBS modeli

Sosyal etkinlik için ziraat mera ve iskan alanları CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 33). Meşcere katmanını üzerinde “ARZ_KUL = 103 OR ARZ_KUL = 105 OR ARZ_KUL = 107 OR ARZ_KUL = 108” özellikleri içeren bir "Select" işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından, Orman Yolu katmanına bir "Buffer" işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin çıktısı ile önceki "Select" işleminden elde edilen verilere "Erase" işlemi uygulanmıştır. "Erase" işleminden gelen çıktı ile "Buffer" işleminden elde edilen çıktı arasında "Spatial Join" işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktı üzerinde "Join_Count" alanı değeri 0'dan büyük olanları içeren bir "Select" işlemi yapılmıştır.

Daha sonra, bu işlemde elde edilen çıktıya "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanmış ve bu işlemle birlikte " Ziraat_Mera_iskan " adında yeni bir sütun eklenmiştir. Aynı çıktı üzerinde "YOL_KODU" alanına göre "Dissolve" işlemi gerçekleştirilmiştir. "SUM_POLY_AREA" alanına göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Son olarak, bu işlemlerden elde edilen veriler "Join Field" işlemi ile Sosyal Etkinlik Tablosu'na eklenmiştir. Böylece Sosyal Etkinlik tablosunda “Ziraat_Mera_iskan” sütunu eklenmiştir.



Şekil 34. Sosyal etkinlik için mahalli nüfusu ortalaması CBS modeli

Sosyal etkinlik için mahalli nüfusu ortalaması CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 34). Orman Yolları katmanını ile Mahalle verisi arasında gerçekleştirilen işlemleri özetlemek gerekirse, öncelikle "Spatial Join" işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen çıktıya, "MAHALLE_NUFUS" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Ardından, bu sütuna, "NUFUS" değerine göre "Calculate Field" işlemi uygulanmıştır. Elde edilen bu değerler,

"Join Field" işlemi kullanılarak Sosyal Etkinlik Tablosuna entegre edilmiştir. Böylece Sosyal Etkinlik tablosunda "MAHALLE_NUFUS" sütunu eklenmiştir.

Tüm değişkenlerle birlikte Sosyal Etkinlik isimli bir ArcGIS "Toolbox" oluşturulmuştur. Bu "Toolbox" üzerinden son kullanıcının da kullanımı sağlanmıştır (URL-1, 2023, Ocak 9; URL-2, 2023, Ocak 9).

Sosyal etkinlik senaryosu için oluşturulan CBS modelleri ile elde edilen bu değişkenler, araziden elde edilen yolun eğimi, kazı şevi yeşillenme oranı, hizmet süresi ve mahalle nüfusu değişkenleri ile birleştirilerek sosyal etkinlik senaryosu için kullanılacak verilerin elde edilmesi tamamlanmıştır.

2.2.8. Teknik Etkinlik Senaryosu İçin Değişkenlerin CBS Modeli

Teknik etkinlik senaryosunda değişkenlerin bazıları CBS paket programı ile elde edilmiştir. ArcGIS programı üzerinden Arcpy destekli Modelbuilder ile bu model kodlanmıştır. Teknik etkinlik senaryosu için 8 adet arazi ölçümüne (yol göçük sayısı, yol genişliği, yol deformasyon yoğunluğu, platform genişliği, banket genişliği, hendek genişliği, karşılaşma noktaları ve yol aralık mesafesi) ek olarak, 3 adet CBS modeli tasarlanmıştır. Bu tasarımlardan önce "Teknik Etkinlik Tablosu" isimli bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablonun oluşturulması için, 1 adet python programlama dili tabanlı CBS modeli hazırlanmıştır. Böylece verilerin elde edilmesi amacıyla toplam 11 adet CBS Modeli oluşturulmuştur.

Teknik etkinlik senaryosu girdi değişkenlerinden olan "bakı puanı" ve çıktı değişkenlerinden olan "bağlantı sağlanan bölme sayısı" CBS modelleri, ekolojik etkinlik senaryosu CBS modellerinde anlatıldığı gibi yeniden tasarlanarak, teknik etkinlik senaryosu CBS modellerine uygun olarak eklenmiştir.

Teknik etkinlik için işletmeye açılan meşcere alanı CBS modeli oluşturulmuştur (Şekil 35). Meşcere Katmanı üzerinde "ARZ_KUL" değeri 3'e eşit veya daha küçük olan özellikleri içeren bir "Select" işlemi gerçekleştirilmiştir. "ARZ_KUL" değerinin 3'ten küçük olarak seçilmesinin nedeni, OGM tarafından hazırlanan meşcere veri tabanında 3 kodundan küçük değerlerin ormanlık alanları gösteriyor olmasıdır. Ardından, Orman Yolları Katmanı üzerine bir "Buffer" işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin çıktısı, önceki "Select" işleminden gelen verilerle "Clip" işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada elde edilen verilere "Add Geometry Attributes" işlemi uygulanmış ve bu işlemle birlikte "Kayip_Orman" adında yeni bir sütun eklenmiştir. Bu yeni sütuna, "POLY_AREA" alanına dayalı olarak "Calculate Field" işlemi

uygulanmıştır. Son olarak, bu işlemlerden elde edilen veriler "Join Field" işlemi ile Teknik Etkinlik Tablosu'na eklenmiştir. Böylece Teknik Etkinlik tablosunda “İsletmeye_Acılan_Alan” sütunu eklenmiştir.



Şekil 35. Teknik etkinlik için işletmeye açılan meşcere alanı CBS modeli

Tüm değişkenlerle birlikte Teknik Etkinlik isimli bir ArcGIS “Toolbox” oluşturulmuştur. Bu “Toolbox” üzerinden son kullanıcının da kullanımı sağlanmıştır (URL-1, 2023, Ocak 9; URL-2, 2023, Ocak 9).

Teknik etkinlik senaryosu için oluşturulan CBS modelleri ile elde edilen bu değişkenler, araziden elde edilen platform genişliği, banket genişliği, hendek genişliği, yol deformasyon yoğunluğu ve karşılaşma noktaları değişkenleri ile birleştirilerek teknik etkinlik senaryosu için kullanılacak verilerin elde edilmesi tamamlanmıştır.

2.2.9. Senaryo Verilerinin Ölçeklendirilmesi, Kısıtlanması ve Normalizasyonu

VZA’da birden fazla KVB’nin birçok girdi ve çıktı değişkenine göre etkinlik seviyelerini ölçmek için, verilerin ölçeklendirilmesi, normalizasyonu ve kısıtlanması kullanılmıştır. Bu ölçeklendirme, normalizasyon ve kısıtlama çalışmanın dört önemli problemin çözümü için gerçekleştirilmiştir. Bu dört problem şu şekilde sıralanabilir.

- Karşılaştırılabilirlik; farklı ölçeklerdeki verileri karşılaştırılabilir hale getirmek için kullanılmıştır. Ölçeklendirme ve normalizasyon, farklı birimlerde ifade

edilen değişkenlerin aynı ölçekte olmasını sağlar, böylece analiz sonuçları daha anlamlı hale getirilmiştir.

- Bağımsızlık; VZA’da kullanılan yöntemlerin bağımsızlık varsayımı vardır. Bu varsayıma göre, analizin sonuçları kullanılan birimlerin ölçeklerinden bağımsız olmalıdır. Bu nedenle, ölçeklendirme ve normalizasyon yapılarak, sonuçların giriş ve çıktılarının ölçeklerinden etkilenmesi önlenir.
- Analiz Hassasiyeti; Farklı ölçeklerdeki verilerin analize dahil edilmesi, sonuçların hassasiyetini etkileyebilir. Ölçeklendirme ve normalizasyon yapılarak, analizin daha hassas ve güvenilir olması sağlanır.
- Genelleme; VZA sonuçları, farklı birimler arasında karşılaştırma yapmak için kullanılabilir. Ancak, bu karşılaştırmaların geçerli olması için verilerin ölçeklendirilmiş ve normalize edilmiş olması önemlidir.

Bu problemlerin çözülmesi amacıyla, VZA yapılırken ölçeklendirme, kısıtlama ve normalizasyon işlemleri önemlidir. Bu işlemler, analizin doğruluğunu artırır ve sonuçların daha anlamlı ve karşılaştırılabilir olmasını sağlar.

Veri ölçeklendirme: Ekolojik etkinlik senaryosunda araziden elde edilen yol boyunca gözlenen şev akıntı ve heyelanlı alan yoğunluğu bulmak amacıyla, yol boyunca gözlenen heyelan adeti, metrik olan orman yolu uzunluğuna bölünmüş ve 1000 m ile çarpılmıştır. Bu değer adet/km şeklindedir. Ekonomik etkinlik senaryosunda bulunan kurp yoğunluğunu ve emval miktarı yoğunluğunu bulmak amacıyla, yol boyunca gözlenen kurp adeti ve orman yolunun geçtiği bölmelerden elde edilen emval miktarları metrik olan orman yolu uzunluğuna bölünmüş ve 1000 m ile çarpılmıştır. Böylece 1 km’lik orman yolu için kurp yoğunluğu ve emval miktarı yoğunluğu bulunmuştur. Teknik etkinlik senaryosunda bulunan yol deformasyon yoğunluğunu bulmak amacıyla, arazide gözlenen göçük sayısı 10000 ile çarpılmıştır. Bu değer yol uzunluğu ve yol genişliğinin çarpımına bölünerek, 1 km²’lik alan için yol deformasyon yoğunluğu bulunmuştur. Bu değer adet/km² şeklindedir. Böylece arazide ölçülen değişkenler analiz için ölçeklendirilmiştir.

GIS modellerinde ölçeklendirme için; ekolojik etkinlik senaryosundan inşaat genişliği ile kaybolan orman alanı, potansiyel sanat yapısı ve bölmelere bağlantı noktası değerlerinin yoğunluklarını bulabilmek amacıyla, metrik olan orman yolu uzunluğuna bölünerek, 1000 ile çarpılmıştır. Böylece orman yollarının 1 km’lik uzunluğunun bu değişkenler için yoğunlukları bulunmuştur. Aynı işlemler ekonomik etkinlik senaryosunda potansiyel sanat yapısı sayısına ve teknik etkinlik senaryosunda bölmelere bağlantı adeti ve işletmeye açılan

alan miktarına uygulanmıştır. Sosyal etkinlik senaryosunda girdi değişkenlerinden birinin yol uzunluğu olması nedeniyle, orman yollarında 1 km'lik uzunluğa göre bir ölçeklendirme yapılmamıştır. Bu ölçeklendirme ile ekolojik etkinlik senaryosunda kaybolan orman alanı yoğunluğu (ha/km), potansiyel sanat yapısı yoğunluğu (adet/km), bölmelere bağlantı noktası yoğunluğu (adet/km), bölmelere bağlantı yoğunluğu (adet/km) ve işletmeye açılan alan yoğunluğu (ha/km) elde edilmiştir. VZA için yoğunlukların kullanılması orman yollarının etkinliğini değerlendirmek için en önemli adımlardan biridir. Bu ölçeklendirme işlemleri Python ana modülüne eklenmiştir. Verilerin ölçeklendirilmesi işleminde özellikle yol uzunluğu ile bağdaşan değerlerde 1 km'lik orman yoluna uygun olarak ölçeklendirme yapılmıştır. Sosyal senaryoda ise böyle bir ölçeklendirme işlemi yapılmamıştır. Ölçeklendirme sonunda, bir sonraki aşama olan verilerin kısıtlandırılması işlemi için altlık oluşturulmuştur.

Verilerin kısıtlanması: Verilerin ölçeklendirilmesinden sonra, verilerin alt ve üst limitlerinin gerçekçi verilere uygun şekilde tek bir düzlem üzerinde temsil edilmesinin sağlanması amacıyla verilerin kısıtlanması işlemi yapılmıştır. Her senaryo için değişkenlerin alt ve üst sınırları belirlenmiştir.

Ekolojik etkinlik senaryosu değişkenlerine ait kısıtlamaların belirlenmesi için maksimum ve minimum değerler Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Ekolojik etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri

Ekoloji	G/Ç	Değişken	Maks	Min	Birim
	Girdi	Bakı	1	0	birimsiz
		Yolun geçtiği yamaç eğimi	100	0	%
		Yol genişliği	10	3	m.
		Kazı sevi yüksekliği	20	0	m.
		Kayıp Orman Alanı	100	0	ha/km
		Yol boyunca gözlenen şev, akıntı ve heyelanlı alan sayısı	10	0	adet/km
	Çıktı	Yolun akarsu yataklarına uzaklığı	800	30	m.
		Potansiyel sanat yapısı	20	0	adet/km
		Yolun bağlantı sağladığı bölmeler	10	1	adet/km

Tablo 12'ye göre, ekolojik etkinlik senaryosunda bakı puanı değişkeni 1 ile 0 arasında değişen bir normalizasyon sistemine sahiptir. Yolun geçtiği yamaç eğimi değişkeni, eğim değerlerinin sınırları arasında olduğu gibi 0 ile 100 arasındadır. Yol genişliği yolun

minimum genişliğine uygun olarak 3 metre olarak alınmıştır (OGM292, 2008). Kazı sevi yüksekliğinin maksimum 20 metre olarak alınmıştır. 1 km'lik orman yolu inşa ve planlanmasında maksimum 10 hektar orman alanının kaybolacağı, yine 1 km'lik orman yolu inşa ve planlanmasında 10 adet şev, akıntılı ve heyelanlı alan sayısı olacağı varsayılmıştır.

Orman yollarının akarsu yataklarına olan uzaklığı, literatüre uygun olarak minimum 30 metre olarak alınmıştır. Potansiyel sanat yapısının ve yolun bağlantı sağladığı bölmelerin, 1 km'lik orman yolu için, maksimum sırasıyla 20 adet ve 10 adet olacağı varsayılmıştır. Özellikle yolun bağlantı sağladığı bölmelerde özellikle minimum değerin 1 olması gerektiğine dikkat edilmiştir. Her orman yolu en az 1 adet bölme ile bağlantılı olmak zorundadır. Üst limitleri varsayım ile belirlenen değişkenlerin değerlerinin en üst limitte tutulmasının nedeni modelin genelgeçerlik ilkesinin sağlanabilmesi amacıyla (Tablo 12).

Ekonomik etkinlik senaryosu değişkenlerine ait kısıtlamaların belirlenmesi için maksimum ve minimum değerler Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13. Ekonomik etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri

	G/Ç	Değişken	Maks	Min	Birim
Ekonomi	Girdi	Yolun bakışı	1	0	birimsiz
		Yamaç eğimi	100	0	yüzde
		İnşaat alanı genişliği	20	0	m.
		Potansiyel sanat yapısı	10	0	adet/km
		Kıvrımlılık faktörü	2	1	birimsiz
		Dolambaçlılık faktörü	5	1	birimsiz
		Yatay kurpların sayısı	15	0	adet/km
		Yol yüzeyindeki deformasyonlar	20.000	0	adet/km ²
	Çıktı	Ortalama yol aralık mesafesi	500	0	m.
		İşletmeye açılan alan ile yol uzunluğu oranı ((İAA/YU*500 m))	50	0	ha/m
		Ekonomik fonksiyonlu ormandan geçen orman yolları	100	0	ha/km
		Emval miktarı	10.000	0	m ³ /km

Tablo 13'e göre, ekolojik senaryoda da olduğu gibi bakı puanı ve yamaç eğimi değişkenlerinin maksimum ve minimum değerleri belirlenmiştir. Orman yollarının planlanmasında maksimum inşaat alanı genişliği 20 metre olarak alınmıştır. 1 km'lik orman yolunda maksimum 10 adet potansiyel sanat yapısı yoğunluğu olacağı varsayılmıştır. Üst limit olarak en fazla 100 metrede 1 adet sanat yapısı olabileceği düşünülerek bu değer ortaya

konmuştur. Kıvrımlılık ve dolambaçlık faktörünün maksimum değerlerinin sırasıyla 2 ve 5 olacağı, literatüre uygun olarak saptanmıştır (Ada, 2011). 1 km'lik orman yolunda maksimum 15 adet yatay kurp olacağı varsayılmıştır. 1 km²'lik orman yolu alanında maksimum 20.000 adet çukur olabileceği varsayılmıştır. Ortalama yol aralık mesafesi için aşağıda belirtilen özel bir normalizasyon uygulanmıştır. Ortalama yol aralık mesafesi için istenen, hektarda 20 metre yol olabileceği varsayımına uygun olarak 500 metre olarak alınmıştır (OGM292, 2008). İşletmeye açılan alan ile orman yolunun uzunluğunun oranı maksimum 50 ve minimum 0 olarak varsayılmıştır. 1 km'lik orman yolunun, maksimum 100 hektar ekonomik fonksiyonlu orman yolundan geçebileceği varsayılmıştır. 1 km'lik orman yolunda maksimum 10.000 m³ orman emvalinin çıkartılabileceği varsayılmıştır. Üst limitleri varsayım ile belirlenen değişkenlerin değerlerinin en üst limitte tutulmasının nedeni modelin genelgeçerlik ilkesinin sağlanabilmesi amacıyla.

Sosyal etkinlik senaryosu değişkenlerine ait kısıtlamaların belirlenmesi için maksimum ve minimum değerler Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14. Sosyal etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri

	G/Ç	Değişken	Maks	Min	Birim
	Girdi				
Sosyal	Girdi	Yol eğimi	15	2	%
		Yol uzunluğu	20.000	0	m.
		Dolambaçlılık	5	1	birimsiz
		Kayıp orman alanı	100	0	ha.
	Çıktı	Estetik amaçlı yol koruma ormanına geçme	365	0	gün
		Ziraat ve mera alanlarına ulaşım	100	0	ha
		Hizmet süresi	5.000	0	gün
		Kazı şevlerinin yeşillenmiş (vejetasyonla kaplı) olması	100	0	%
		Çevresindeki köylerin nüfus miktarı	100	0	kişi

Tablo 14'e göre, orman yolunun eğiminin maksimum ve minimum değerleri 292 sayılı tebliğe uygun olarak belirlenmiştir. Yol uzunluğunun maksimum noktasının 20 km olacağı varsayılmıştır. Ekonomik etkinlik senaryosunda olduğu gibi kıvrımlılık faktörü değişkeni ve ekolojik etkinlik senaryosunda olduğu gibi kayıp orman alanı değişkeni belirlenmiştir. Orman yollarının hizmet süresi 1 yılda 365 gün olduğu gerçeği ile maksimum nokta olarak 365 seçilmiştir. Kazı şevi yeşillenme oranı değişkeni yüzdelik bir değer olduğu için maksimum noktası 100 alınmıştır. Bir orman yolunun 5.000 kişiye hizmet edeceği varsayılmıştır. Bu değer köy ve mahalle oluşabilmesi için kanunlarca belirlenen nüfus

miktarında ortalama bir değerdir. Yine bir orman yolu için 100 hektar ziraat ve mera alanı ve estetik fonksiyonlu orman alanına girilmesi gerektiği varsayılmıştır. Üst limitleri varsayım ile belirlenen değişkenlerin değerlerinin en üst limitte tutulmasının nedeni modelin genelgeçerlik ilkesinin sağlanabilmesi amacıyla. Bu kısımda yol uzunluğu bir girdi değişkeni olması nedeniyle, ölçeklendirme yapılmadığı dikkate alınmalıdır.

Tablo 15. Teknik etkinlik senaryosuna ait verilerin maksimum ve minimum değerleri

Teknik	G/Ç	Değişken	Maks	Min	Birim
	Girdi				
		Yol Deformasyon Yoğunluğu	20000	0	adet/km ²
		Bakı Puanı	1	0	birimsiz
		Platform Genişliği	4	0	m
		Banket Genişliği	0,5	0	m
		Hendek Genişliği	1	0	m
		Karşılaşma ve duraklama yeri	20	0	adet/km
	Çıktı	Ortalama Yol Aralık Mesafesi	500	0	m
		Yolun bağlantı sağladığı bölmeler	10	0	adet/km ²
		İşletmeye açtığı meşcere alanı	100	0	ha/km

Tablo 15'e göre, Bakı puanı ve yol deformasyon yoğunluğu değişkenleri, ekolojik etkinlik senaryosunda ve ekonomik etkinlik senaryosunda olduğu şekilde belirlenmiştir. Platform genişliği, banket genişliği ve hendek genişliği maksimum sırasıyla 4 m., 0,5 m., ve 1 m. olarak belirlenmiştir. Ortalama yol aralık mesafesi, platform genişliği, hendek genişliği ve banket genişliği için aşağıda belirtilen özel bir normalizasyon uygulanmıştır. Bu değerler 292 sayılı tebliğe uygun olarak belirlenmiştir. Karşılaşma yerleri değişkeni de 292 sayılı tebliğe uygun olarak belirlenmiştir. Yolun bağlantı sağladığı bölmeler değişkeni ekonomik etkinlik senaryosunda olduğu gibi belirlenmiştir. 1 km'lik orman yolunda 100 ha meşcere alanının işletmeye açılacağı varsayılmıştır. Üst limitleri varsayım ile belirlenen değişkenlerin değerlerinin en üst limitte tutulmasının nedeni modelin genelgeçerlik ilkesinin sağlanabilmesi amacıyla.

Verilerin normalize edilmesi: Ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryolar için girdi ve çıktı değişkenlerine standart min-maks normalizasyonu uygulanmıştır. Standart min-maks normalizasyonu yapılırken, veri kısıtlanması için belirlenen minimum ve maksimum değerleri için kullanılmıştır. Normalizasyon işlemlerinde değerlerin VZA yapısına uygun olması açısından 0,00001 ile 1 arasında puanlama yapılmıştır. Standart min-

maks normalizasyonu için Eşitlik (7) kullanılmıştır. Bu normalizasyon işlemleri Python ana modülüne eklenmiştir.

$$x'_i = 0,00001 + \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (7)$$

Ortalama yol aralık mesafesi, platform genişliği, banket genişliği ve hendek genişliği değişkenlerinde farklı normalizasyon tekniği uygulanmıştır. Bunun nedeni bu değerlerin istenen değerlerinin uç noktalarda değil, orta noktalarda olmasıdır. Bu normalizasyon işlemlerinde de değerlerin VZA yapısına uygun olması açısından 0,00001 ile 1 arasında ölçeklendirme yapılmıştır.

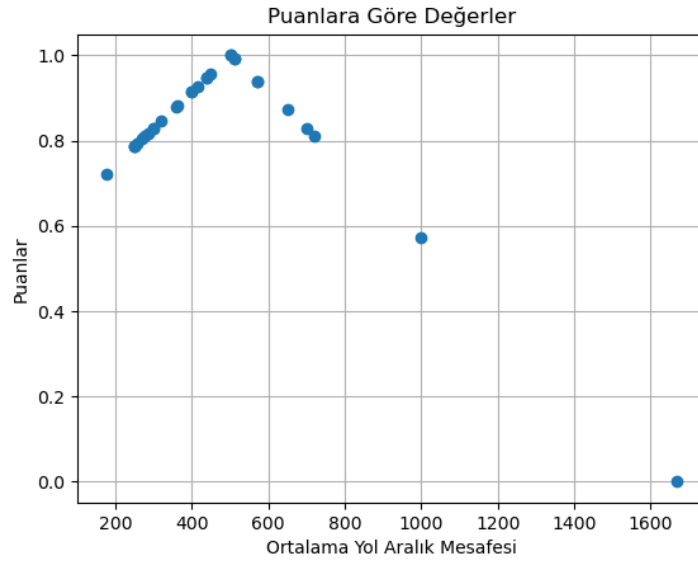
Ortalama yol aralık mesafesi değişkeninde 292 sayılı tebliğe uygun olarak istenen değerin 500 m olacağı varsayılarak, değerlerin 500'e olan uzaklığına bağlı 0,00001 ile 1 arasında değerlendirme sağlanmıştır. Ortalama yol aralık mesafesi değişkeninde 500 m değerine daha yakın değerlerin daha fazla puan alabilmesi için Eşitlik (8) kullanılmıştır.

$$\text{"uzaklik500"} = |y - 500|$$

$$\max_uzaklik500 = \max(\text{uzaklik500})$$

(8)

$$\text{Ortalama Yol Aralık Mesafesi} = \left[0.00001 + \left(1 - \frac{\text{uzaklik500}}{\max_uzaklik500} \right) \right]$$

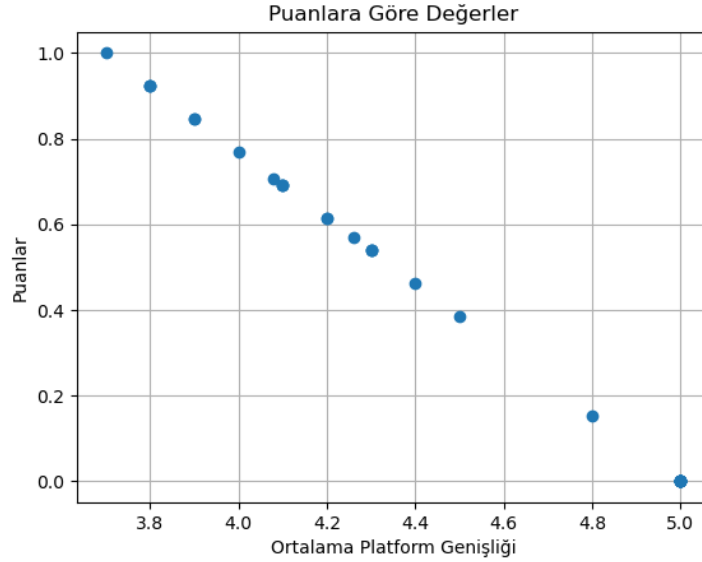


Şekil 36. Ortalama yol aralık mesafesi normalizasyon grafiği

Ortalama yol aralık mesafesi değişkeninde normalizasyonun daha anlamlı görünebilmesi için grafik haline getirilmiş ve kontrol sağlanmıştır (Şekil 36). Bu normalizasyon işlemi Python ana modülüne eklenmiştir.

Platform genişliği değişkeninde 292 sayılı tebliğe uygun olarak istenen değerin 5 m olacağı varsayılarak, değerlerin 5'e olan uzaklığına bağlı 0,00001 ile 1 arasında değerlendirme sağlanmıştır. Platform genişliği değişkeni girdi değişkeni olduğu için, puanlandırmada bu değerin minimize edileceği göz ardı edilmemiştir. Bu nedenle ters normalizasyon yapılmıştır. 0 istenen durum, 1 ise istenmeyen durum olarak nitelendirilmiştir. Platform genişliği değişkeninde 5 m değerine daha yakın değerlerin daha az puan alabilmesi için Eşitlik (9) kullanılmıştır. Platform genişliği değişkeninde normalizasyonun daha anlamlı görünebilmesi için grafik haline getirilmiş ve kontrol sağlanmıştır (Şekil 37). Bu normalizasyon işlemi Python ana modülüne eklenmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{"uzaklik4"} &= |y - 4| \\
 \text{max_uzaklik4} &= \text{max}(\text{uzaklik4}) \\
 \text{Platform genişliği} &= \left[0.00001 + \left(1 - \frac{\text{uzaklik4}}{\text{max_uzaklik4}} \right) \right]
 \end{aligned} \tag{9}$$

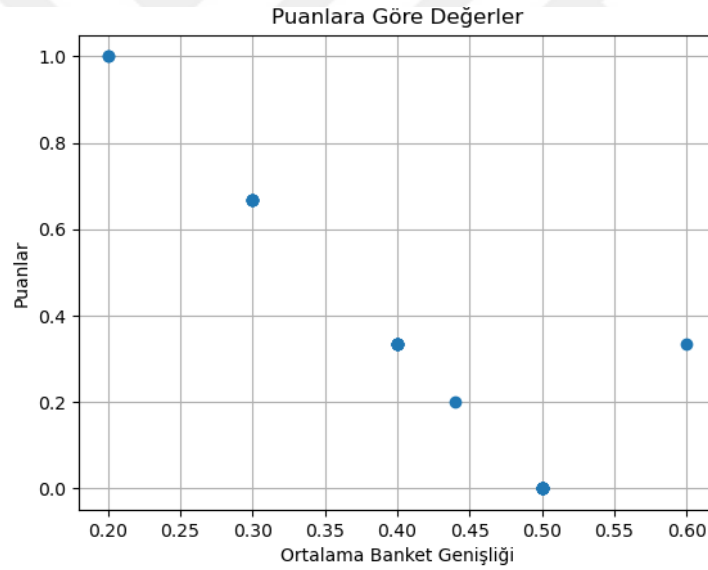


Şekil 37. Platform genişliği normalizasyon grafiği

Banket genişliği değişkeninde 292 sayılı tebliğe uygun olarak istenen değerin 0,5 m olacağı varsayılarak, değerlerin 0,5'e olan uzaklığına bağlı olarak 0,00001 ile 1 arasında

değerleme sağlanmıştır. Banket genişliği değişkeni girdi değişkeni olduğu için, puanlandırmada bu değer minimize edileceği göz ardı edilmemiştir. Bu nedenle ters normalizasyon yapılmıştır. 0 istenen durum, 1 ise istenmeyen durum olarak nitelendirilmiştir. Banket genişliği değişkeninde 0,5 m değerine daha yakın değerlerin daha az puan alabilmesi için Eşitlik (10) kullanılmıştır. Banket genişliği değişkeninde normalizasyonun daha anlamlı görünebilmesi için grafik haline getirilmiş ve kontrol sağlanmıştır (Şekil 38). Bu normalizasyon işlemi Python ana modülüne eklenmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{"uzaklik05"} &= |y - 0,5| \\
 \text{max_uzaklik05} &= \max(\text{uzaklik05}) \\
 \text{Banket genişliği} &= \left[0.00001 + \left(1 - \frac{\text{uzaklik05}}{\text{max_uzaklik05}} \right) \right]
 \end{aligned} \tag{10}$$

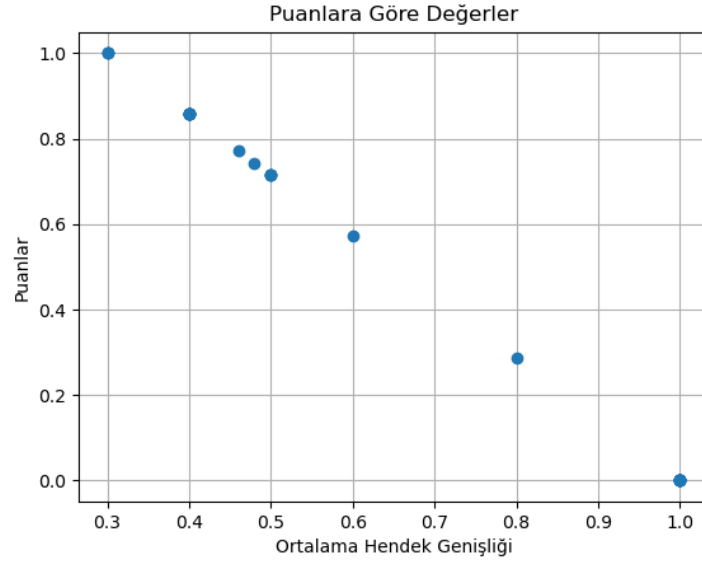


Şekil 38. Banket genişliği normalizasyon grafiği

Hendek genişliği değişkeninde 292 sayılı tebliğe uygun olarak istenen değer 1 m olacağı varsayılarak, değerlerin 1'e olan uzaklığına bağlı olarak 0,00001 ile 1 arasında değerlendirilmiştir. Hendek genişliği değişkeni girdi değişkeni olduğu için, puanlandırmada bu değer minimize edileceği göz ardı edilmemiştir. Bu nedenle ters normalizasyon yapılmıştır. 0 istenen durum, 1 ise istenmeyen durum olarak nitelendirilmiştir. Hendek genişliği değişkeninde 1 m değerine daha yakın değerlerin daha az puan alabilmesi için Eşitlik (11) kullanılmıştır. Hendek genişliği değişkeninde

normalizasyonun daha anlamlı görünebilmesi için grafik haline getirilmiş ve kontrol sağlanmıştır (Şekil 39). Bu normalizasyon işlemi Python ana modülüne eklenmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{"uzaklik1"} &= |y - 1| \\
 \text{max_uzaklik1} &= \text{max}(\text{uzaklik1}) \\
 \text{Hendek genişliği} &= \left[0.00001 + \left(1 - \frac{\text{uzaklik1}}{\text{max_uzaklik1}} \right) \right]
 \end{aligned} \tag{11}$$



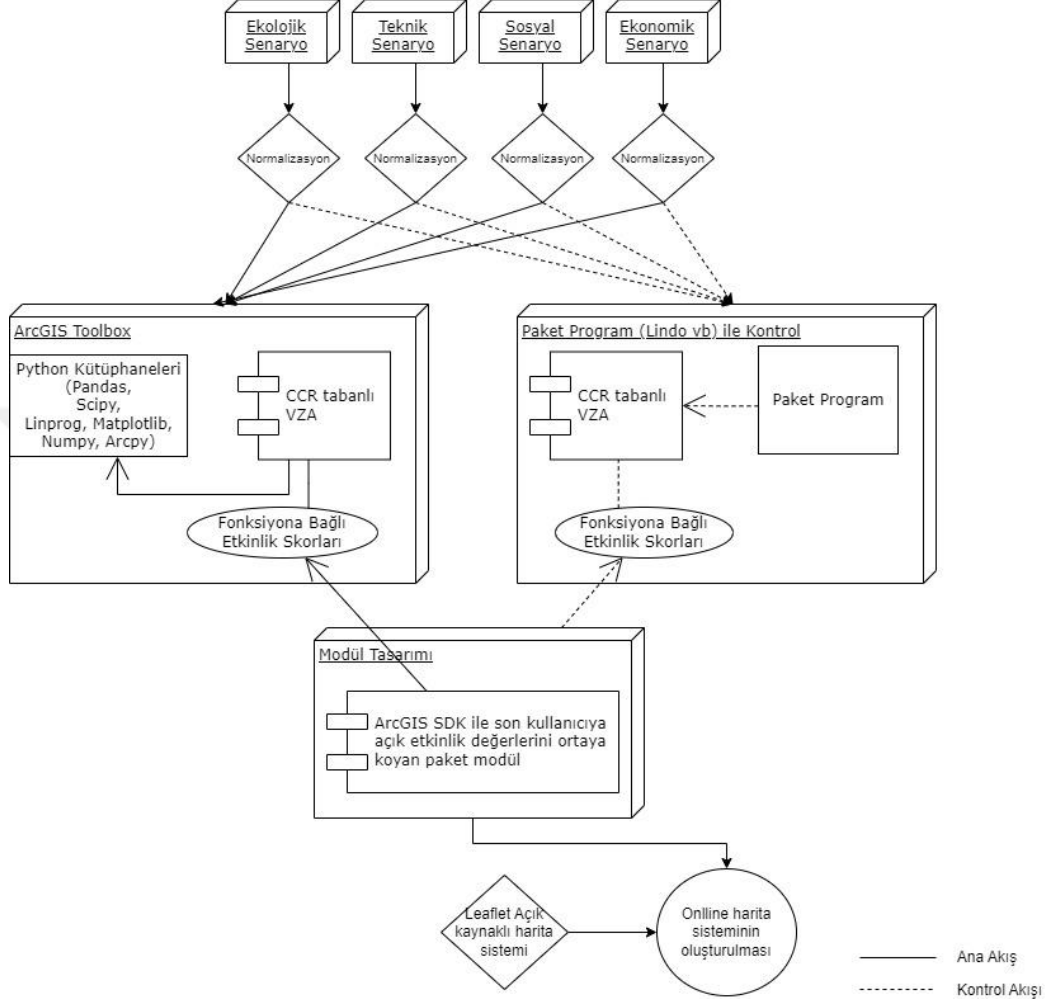
Şekil 39. Hendek genişliğinde 0 ile 1 arası normalizasyon grafiği

Veri ölçeklendirme, normalizasyon ve kısıtlama işlemleri böylece tamamlanmıştır. Her senaryodaki girdi ve çıktı değişkenlerinin kısıtlaması gerçekleştirilmiş ve 0 ile 1 arasında değerlendirilmesi sağlanmıştır. Ölçeklendirilmiş, normalize edilmiş ve kısıtlanmış veriler, çalışmanın bütünlüğünü bozmaması amacıyla EK-2’de verilmiştir.

2.2.10. Arcmap ile Veri Zarflama Analizi Entegrasyonu

VZA ve CBS, farklı analiz ve değerlendirme yöntemleri sunan iki farklı alanı temsil etmektedir. Ancak, bu iki alanın birleştirilmesi, daha kapsamlı ve etkili bir analiz yapılmasına olanak tanıyabilir. Orman yollarının ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryoları için ortaya konan değişkenler, CBS ortamına aktarılarak işlemler başlayacaktır. Arazi çalışmaları ve senaryoların belirlenmesi aşamalarından sonra, CBS modelleri

oluşturulmuştur. Toplanmış olan tüm veriler Arcmap ortamına aktarılarak Arcmap ile entegrasyon kısmına başlangıç yapılmıştır.



Şekil 40. Python ortamında oluşturulan yazılımın akış şeması

Bu işlemlerin ardından bir akış şeması oluşturulmuştur. Ana akış, senaryolardan alınan verilerin ArcGIS Toolbox ile oluşturulan Arcpy kütüphanesinde kodlanmış VZA kodunun çalışması prensibinde dayanır. Kontrol akışında ise Paket program ile yapılan VZA'nın sonuçlarının, yeni yazılan kodun sonuçları ile kontrol edilmesi şeklindedir. Kontrol akışı, ana akışın sonuçları ile kıyaslanması ve doğrulanması amacıyla yapılmıştır. Ardından çıkan sonuçlar Leaflet tabanlı açık kaynaklı web haritasına aktarılmıştır (Şekil 40).

Her senaryo için etkinlik ölçümünün yapılması için yazılan kod betiği github üzerinden verilmiştir (URL-2, 2023, Ocak 9). Bu kod betiği içeriği çalışmanın ana konusunu kapsamaktadır.

Kütüphaneler: Python betiği, çeşitli kütüphaneleri kullanarak belirli görevleri gerçekleştirmek amacıyla oluşturulmuştur. İlk olarak, ArcGIS platformu ile etkileşimde bulunmak üzere “arcpy” kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane, coğrafi verileri işlemek ve analiz etmek amacıyla gelişmiş araçlar ve işlevler sunmaktadır. Daha sonra, sistemle ilgili işlemleri yönetmek ve argüman kontrolünü gerçekleştirmek için standart Python modülleri olan “os” ve “sys” modülleri kullanılmıştır. Betiğin içeriğinde, bilimsel hesaplamalar ve optimizasyon işlemleri için “numpy” kütüphanesi yer almaktadır. Bu kütüphane, çok boyutlu dizilerle etkili bir şekilde çalışabilme özelliği ve matematiksel işlemleri hızlı bir şekilde gerçekleştirme yeteneğiyle bilinmektedir. Ayrıca, VZA için gereken optimizasyon işlemlerini gerçekleştirmek amacıyla “scipy.optimize” modülünden faydalanılmıştır. Veri analizi ve manipülasyonu için ise “pandas” kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane, tablo verileri üzerinde etkili bir şekilde çalışabilme yeteneği ve veri çerçeveleri aracılığıyla veri analizi yapma imkanı sunmaktadır. “Pandas” sayesinde, betikteki veri manipülasyonları ve çeşitli ölçeklendirmeler daha kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu kütüphaneler, betiğin coğrafi veri işleme, veri analizi ve optimizasyon gibi karmaşık görevleri başarıyla yerine getirmesini sağlamaktadır.

Girdi ve Çıktı verilerinin belirlenmesi: Kullanıcının belirttiği çalışma alanında gerçekleştirilecek olan etkinlik analizinde etkinlik tablosu girdi ve çıktı alanları, input_name ve output_name ismi verilmiştir.

Veri hazırlığı: Python betiği öncelikle kullanıcı tarafından sağlanan etkinlik tablosunun bir kopyasını belirlenen çalışma alanına kopyalar. Daha sonra, bu tablo üzerinde gerekli olan girdi ve çıktı sütunları belirlenir ve bu sütunlara uygun olarak bir NumPy dizisi oluşturulur. Veri içerisinde 0 değerleri veya boş hücreler kontrol edilir ve bu durumda kullanıcıya bir uyarı verilerek işlem sonlandırılır.

VZA Analizi: betiğin temel işlevselliğini oluşturan kısmı içerir. Bu bölümde, “DEA” ismi verilen fonksiyon ile veri zarflama analizi yöntemini kullanarak her bir yol birimindeki etkinlik skorlarını hesaplar. Girdi ve çıktıları kullanarak birimlerin etkinlik seviyelerini değerlendirilir. “DEA” fonksiyonu, belirli bir yol birimindeki girdi ve çıktı değerlerini optimize ederek, bu birimin etkinlik skorunu belirler. Bu skorlar daha sonra ekrana yazdırılarak kullanıcıya sunulur, böylece her bir yol biriminin etkinliği anlaşılır. Bu işlemlerden sonra yeniden dönüşümler gerçekleştirilir. Bu dönüşümler, VZA’nın ArcGIS formatına dönüşmesi için tablo dönüşümleridir. Kullanıcı tarafından sağlanan veri tablosu üzerinde sayıların uygun formata getirilmesi, etkinlik matrisi oluşturulması ve değişim

oranlarının hesaplanması gibi işlemler uygulanarak verinin uygun formata getirilmesi sağlanır. Özellikle, belirlenen hedef etkinlik skoruna ulaşmak amacıyla bir döngü kullanılır. Bu döngü, VZA sonuçlarının hedef etkinlik skorunu karşılaması durumunda işlemin sonlandırılmasını sağlar. Bu sayede, betik belirli bir etkinlik seviyesine ulaşmaya kadar analizi tekrarlar, istenen sonuca ulaşmayı sağlar. Bu süreç, veri manipülasyonu, VZA ve döngü tabanlı işlemler ile kompleks bir veri analizi sürecini temsil eder.

CSV (Comma-separated values) dosyalarına dönüşüm ve ArcGIS tablolarına çevrim: Betiğin veri işleme sürecinde önemli bir adımdır. Bu aşamada, önceki VZA işlemleri sonucunda elde edilen veri, CSV dosyalarına dönüştürülür. Bu dönüşüm adımı, elde edilen verinin daha geniş bir bağlamda paylaşılabılır ve taşınabilir hale gelmesini sağlar. Daha sonra, CSV dosyalarındaki veriler, ArcGIS platformu tarafından anlaşılabilir ve işlenebilir formatlara çevrilmek üzere ArcGIS tablolarına aktarılır. ArcGIS tabloları, coğrafi veri işleme ve analiz yeteneklerini içeren bir çerçeve sağlar. Bu çevrim adımı, elde edilen verinin coğrafi bağlam içinde kullanılabilir olmasını temin eder ve ArcGIS tabloları aracılığıyla coğrafi analiz ve görselleştirmeye uygun hale getirir. Bu şekilde, betik kullanıcıya, elde edilen sonuçları coğrafi bir bağlamda değerlendirme ve görselleştirme imkanı sunar.

Coğrafi İşlemler ve Katman Oluşturma: Betik ArcGIS ortamında çeşitli coğrafi işlemleri gerçekleştirir. Bu işlemler, önceki aşamalarda elde edilen verilerin coğrafi bağlamda işlenmesini içerir. ArcGIS platformunun sağladığı güçlü coğrafi analiz araçları kullanılarak, veri tabloları üzerinde tableview (tablo görüntüsü kazandırma), addlayer (layer olarak ekleme), mapdocument (harita dokümanı haline getirme) gibi coğrafi işlemler gerçekleştirilir. Ayrıca, bu aşamada oluşturulan tablolar ve sonuçlar, ArcMap projesine eklenir ve coğrafi bir harita ortamında görselleştirilir.

Veri ölçeklendirme ve Denormalize işlemleri: VZA'nın çalışma prensibinde daha doğru ve güvenilir veriler elde etme amacıyla, ArcGIS modülü ve arcpy yardımı ile yapılan ölçeklendirme ve normalizasyon işlemleri için bu aşamada geri dönüşüm yapılmıştır. Böylece orman yollarının gerçek verilerine yeniden dönüş yapılması sağlanmıştır. Geri dönüşüm işlemlerinde, özellikle hesaplamalara dikkat edilmiştir. Geri dönüşüm sırasında veri kaybının olmadığı kontrol edilmiştir. Ölçeklendirmeler 1 km'lik yol üzerinden yapılan analizin, yeniden yolun tamamına uygulanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Standart min-max normalizasyonunda ise verilerin maksimum ve minimum değerleri hafızaya alınarak, kod betiğinin yeniden bu değerleri kullanabilmesi sağlanmıştır.

Etkinlik şablonları oluşturma: özellikle etkinlik tablosundan kopyalar oluşturularak projeksiyon tabloları hazırlanır. Bu tablolar, daha önce elde edilen sonuçların belirli bir düzen içinde düzenlenmesini ve kullanıcıya sunulmasını sağlar. Oluşturulan bu şablonlar, coğrafi verilerin doğru bir şekilde organize edilmesini ve belirli bir standarda göre sunulmasını temin eder. Bu aşamada, elde edilen coğrafi sonuçlar, kullanıcıya anlamlı bir şekilde sunulacak ve anlaşılır bir coğrafi bağlam içinde değerlendirilebilecek hale getirilir.

Etkinlik ölçümünde paket programlar (Lindo, EMS vb.) kullanılabilir. Verilerin girilmesi, kısıt oluşturma ve ağırlıkların belirlenmesi gibi işlemler bu paket program üzerinde yapılabilir. Bu paket programlar ile aynı zamanda sadece seçilen CCR yöntemi değil, diğer VZA yöntemleri için de kullanılmaktadır. Paket programların bu çalışmada etkinlik ölçümünde kullanılmasının sebebi, python programlama ile oluşturulan etkinlik skorlarının kontrolünü sağlamaktır.

2.2.11. Etkinlik Skorları ile Web Harita Entegrasyonu

ArcGIS®'le birlikte, orman yollarının etkinliklerini daha geniş bir kitleye etkili bir şekilde gösterebilmek adına Leaflet® açık kaynaklı online harita sistemiyle entegrasyon sağlanmıştır (URL-1, 2023, Ocak 9).

HTML, CSS ve JavaScript Entegrasyonu: Leaflet®, web tabanlı harita oluşturma sürecinde HTML, CSS ve JavaScript'in entegrasyonu sağlar. HTML belgesi içinde, haritanın yer alacağı konteyner belirlenmiştir. CSS, harita stili ve görünümünü düzenlerken, JavaScript, harita işlevselliğini ve etkileşimini sağlamıştır.

Harita oluşturma; bir harita konteyneri oluşturmak için basit bir JavaScript API (Application Programming Interface) sağlanmıştır. Bu API aracılığıyla, haritanın boyutu, merkezi ve başlangıç yakınlaştırma seviyesi gibi temel özellikler belirlenmiştir.

Harita katmanları; haritaya farklı kaynaklardan gelen veri katmanlarını entegre etmek için bir sistem oluşturulmuştur. Temel harita tabanı katmanları (örneğin, OpenStreetMap®) ve kullanıcı tarafından sağlanan özel veri katmanları (örneğin, GeoJSON dosyaları) gibi farklı katmanlar eklenebilir. VZA sonucunda her senaryonun etkinlik skorları, referans düzeyleri ve projeksiyon oranları bu katmanlara eklenmiştir.

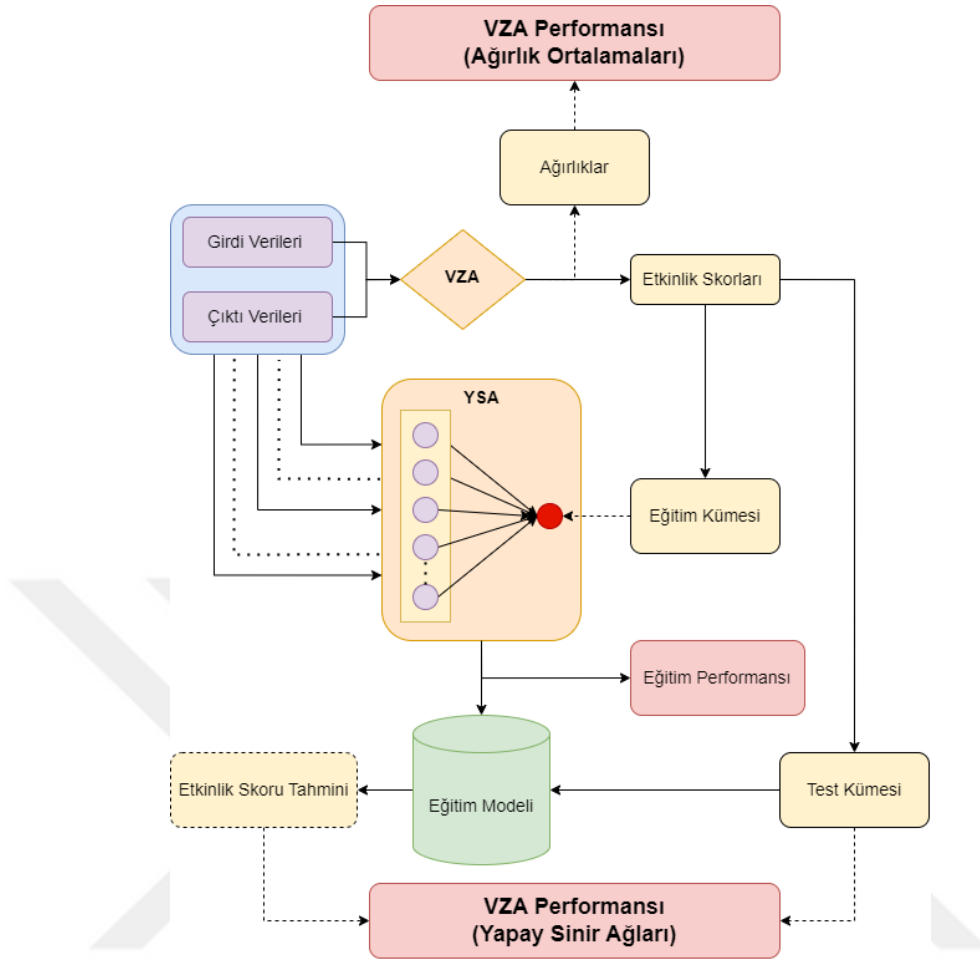
Etkileşim ve kontrol; kullanıcıların harita üzerinde etkileşimde bulunmalarını sağlamak için çeşitli kontrol ve etkileşim öğeleri eklenmiştir. Bu öğeler arasında yakınlaştırma ve uzaklaştırma düğmeleri, yer işaretleri, açılır pencereler ve özelleştirilebilir

kontroller bulunur. Harita üzerine bu tip katmanlar eklenerek görsellik ve kullanılabilirlik artırılmıştır.

Harita özelleştirme; Kullanıcıların harita özelliklerini ve görünümünü özelleştirmelerine olanak tanımıştır. Bu, harita stili, renk paleti, simgelerin ve katmanların görünümü gibi çeşitli özellikleri içerir. Özelleştirme seçenekleri, geliştiricilere haritanın kullanım senaryolarına uygun hale getirme imkanı sağlar. Maçka OİŞ sınırları, etkin olan yollar ve etkin olmayan yollar gibi özelliklere göre renk ve stil özellikleri belirlenmiştir.

Mobil desteği; Mobil cihazlarda kullanım için optimize sağlanmıştır ve dokunmatik etkileşimleri destekler hale getirilmiştir. Bu, haritanın farklı ekran boyutlarına ve dokunmatik hareketlere duyarlı olmasını sağlar, böylece son kullanıcı mobil cihazlarında da rahatlıkla haritayı kullanabilirler.

Veri görselleştirme; Kullanıcıların coğrafi verileri görselleştirmelerine olanak sağlanmıştır. Bu, farklı coğrafi şekilleri (nokta, çizgi, çokgen vb.) temsil etmek için çeşitli grafikler ve renklendirme yöntemleri sunmaktadır. Kullanıcılar için harita üzerinde veri analizi yapılabilir ve coğrafi verilerin anlamını daha iyi anlayabilir hale gelmiştir.



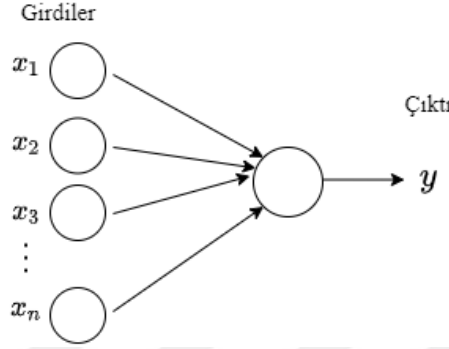
Şekil 41. VZA performansının analiz edilmesi süreci

2.2.12. VZA Performansının Analiz Edilmesi

ArcGIS® tabanlı olarak Python programlama destekli olarak elde edilen VZA sonucunda etkinlik skorları elde edilmiştir. Etkinlik hesabı yapılırken her senaryo için model performansı gözlemlenebilir hale gelmelidir. Bu nedenle, yalnızca VZA'nın performansının analiz edilmesi için iki farklı metot kullanılacaktır. Bu metotlardan ilki “her senaryo için girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıkları ortalamasının hesaplanması” ve ikincisi “YSA kullanılarak VZA performansının analiz edilmesi” şeklindedir (Şekil 41). Performans analizinde yalnızca VZA tarafından ortaya konan etkinlik skorları ile girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkilere odaklanılmıştır.

VZA performansının analiz edilmesinde ilk aşamada, her senaryo için girdi ve çıktı verileri için hesaplanan ağırlıkların ortalamaları ortaya konmuştur. Böylece VZA uygulanan

orman yollarında girdi ve çıktı değişkenlerinin etkinlik skoruna etkileri araştırılmıştır. Ancak bu performans analizinin yalnızca Maçka OİŞ sınırları içerisinde değerlendirilebileceği göz önünde bulundurulmuştur. VZA modelinin genel geçerliği açısından başka bir OİŞ sınırları için farklı sonuçlar ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle VZA'nın performans analizinde ikinci bir yöntem kullanılmıştır.



Şekil 42. Çalışmada kullanılan YSA modeli

VZA performansının analiz edilmesinde ikinci aşamada ArcGIS® tabanlı Python programlama ile geliştirilen VZA'da elde edilen ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik etkinlik skorlarının doğruluğunu ve performansını değerlendirmek için YSA'dan faydalanılmıştır. VZA performansının YSA ile değerlendirilebilmesi için Python kodlama kullanılmıştır. Keras kütüphanesi ile YSA oluşturulmuştur.

Çalışmada veri sayısı oldukça az olduğu için tek katmanlı bir YSA modeli kullanılmıştır (Şekil 42). Katman sayısı az tutularak veri kontrolünün kolaylığı amaçlanmıştır (Singh & Banerjee, 2019; Itchhaporia, Snow, Almassy, & Oetgen, 1996). YSA'da girdiler, her yol için VZA'da kullanılan girdi ve çıktı değişkenleridir. Çıktı ise her yol için etkinlik skorudur. Böylece YSA'nın yapısına uygun olarak girdi ve çıktı parametreleri ortaya konmuştur.

YSA ile performans analizinin yapılabilmesi amacıyla,

- Ekolojik etkinlik senaryosunda 9 adet değişkenin oluşturduğu girdiler ve ekolojik etkinlik skorlarının oluşturduğu 1 adet çıktı,
- Ekonomik etkinlik senaryosu için 12 adet değişkenin oluşturduğu girdiler ve ekonomik etkinlik skorlarının oluşturduğu 1 adet çıktı,
- Sosyal etkinlik senaryosu için 9 adet değişkenin oluşturduğu girdiler ve sosyal etkinlik skorlarının oluşturduğu 1 adet çıktı,

- Teknik etkinlik senaryosu için 9 adet değişkenin oluşturduğu girdiler ve teknik etkinlik skorlarının oluşturduğu 1 adet çıktı kullanılmıştır (Tablo 16).

Tablo 16. YSA modelinin girdi-çıkıtlı sayıları

Senaryo Adı	YSA için Kullanılan	YSA için Kullanılan
	Girdi Sayısı	Çıktı Sayısı
Ekolojik Etkinlik Senaryosu	9	1
Ekonomik Etkinlik Senaryosu	12	1
Sosyal Etkinlik Senaryosu	9	1
Teknik Etkinlik Senaryosu	9	1

Her etkinlik senaryosunda 30 adet orman yolu bulunduğu için, YSA’da eğitim yapılmadan önce veriler her defasında karıştırılmış, daha sonra %20’si test verisi olarak ayrılmıştır. Verilerin 24 tanesi eğitim verisi 6 tanesi test verisi olarak kullanılmıştır. YSA için aktivasyon fonksiyonu olarak lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon, giriş ve çıkış arasında doğrusal bir ilişki sağlar (Skapura, 1996). Herhangi bir sınıflandırma işlemi yapılmayacağı için lineer aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir. Yapay sinir ağının veri kümesi üzerinden kaç kez geçeceği önemli bir parametredir. Bu parametreye epoch sayısı adı verilmektedir. Bu parametre aşırı öğrenmeyi (overfitting) önleme, eğitim performansını artırma ve zaman açısından pozitif etkiye neden olmalıdır. Bu çalışma için epoch sayısı 1000 olarak belirlenmiştir. Bu sayı “Trial and Error” yöntemi ile ortaya konmuştur. Ayrıca veri sayısı çok az olduğundan eğitim sonuçlarının daha sağlıklı olması için her senaryo için eğitim 10 kere tekrarlanmış ve her eğitim sonunda elde edilen test sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Modelin performansını değerlendirebilmek için ortalama kare hatası ve ortalama mutlak hata metrikleri kullanılmıştır.

Ortalama Kare Hata (MSE), gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki farkın karelerinin ortalaması alınarak hesaplanır. Sıfıra ne kadar yakınsa modelin performansı da o kadar iyidir. MSE metriğinin formülü Denklem (12)’de verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (12)$$

Ortalama Mutlak Hata (MAE), gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki farkın mutlak değerinin ortalaması alınarak hesaplanır. MAE metriğinin formülü Denklem (13)'te verilmiştir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (13)$$

YSA sonucunda ortaya konan MSE ve MAE değerleri her etkinlik senaryosunda etkinlik skorlarının doğruluğa ne kadar yakın olduğu ile ilgili bilgi vermektedir. Eşitlik (12) ve (13) için y_i gerçek etkinlik skorunu, $\hat{y}_i$ YSA tarafından tahmin edilen etkinlik skoru değerini, N ise metrik hesabında kullanılan toplam tahmin sayısını ifade etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmalarda tanıtılan materyal, detaylandırılan yöntemlerle kullanılmış, işlenmiş ve elde edilen bulgular bu bölüm altında toplanmıştır. Bu yedi ana başlıktan oluşmaktadır. İlk dört bölümde sırasıyla ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik etkinlik senaryolarında kullanılan değişkenler, değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkiler, VZA sonucu ortaya çıkan etkinlik değerleri, değişkenlerin referans düzeyleri ve bu çıktıların tartışılması bulunmaktadır. Beşinci bölümde tüm senaryolar bir arada düşünülerek bulgular bir arada değerlendirilmiştir. Altıncı bölümde bu çalışma için geliştirilen web harita tabanlı yazılıma dair bulgular verilmiştir. Yedinci bölümde ise VZA sonucunda elde edilen etkinlik skorlarının istatistiksel ve matematiksel performansı tartışılmıştır.

3.1. Ekolojik Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular

Ekolojik Fonksiyona bağlı olan ekolojik etkinlik senaryosunda bulguların incelenmesi dört başlıkta incelenmektedir. Bu başlıklar; kullanılan değişkenler, değişkenlerin istatistiksel analizi, etkinlik değerleri ve referans düzeyleri şeklindedir.

3.1.1. Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler

Ekolojik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler, arazi çalışmaları ve CBS modelleri sayesinde ortaya konmuştur. Kullanılan değişkenler Tablo 17’de verilmiştir.

Girdi değişkenleri incelendiğinde, X_1 (bakı puanı) değişkeninin ortalama değeri 0,52 olarak bulunmuştur. Bu değişkenin en büyük değeri 0,89 iken en küçük değeri ise 0,14 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek X_1 değerine sahip yol kodu 4380-023 kodlu orman yolu iken, en düşük X_1 değerine sahip yol kodu ise 4380-016 olarak belirlenmiştir. X_2 (yamaç eğimi) değişkeni için ortalama değer 64,88’dir. Bu değişkenin en büyük değeri 82 iken en küçük değeri 41 olarak belirlenmiştir. En yüksek X_2 değerine sahip yol kodu 4380-028 kodlu orman yolu iken, en düşük X_2 değerine sahip yol kodu ise 4380-004’tür. X_3 (yol genişliği) değişkeni için ortalama değer 5,282 olarak hesaplanmıştır. Bu değişkenin en yüksek değeri 6,5 olup, en düşük değeri ise 4,3’tür.

Tablo 17. Ekolojik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler

YOL KODU	GİRİDİ						ÇIKTI		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
4380-001	0,49	57	5	4,6	34,85	27	248	39	23
4380-002	0,29	56	5,2	4	3,78	1	213	9	3
4380-003	0,55	64	4,7	2,2	7,99	1	444	2	5
4380-004	0,72	41	5,8	2,8	12,82	2	340	4	6
4380-005	0,61	54	5,5	4,3	25,93	8	283	20	19
4380-006	0,57	62	5,5	4,3	7,70	2	289	4	8
4380-007*	0,65	55	6,5	4	5,26	1	201	5	8
4380-008	0,68	66	4,4	5,8	9,38	9	292	5	9
4380-009	0,71	49	4,98	2,16	7,38	1	538	0	5
4380-010	0,70	59	5,14	3,08	14,75	2	427	6	11
4380-011*	0,27	61	6,5	4,3	8,03	2	165	4	3
4380-012	0,70	65	4,6	4,7	29,10	37	184	22	24
4380-013	0,79	66	5	5,9	38,13	32	188	23	33
4380-014*	0,68	66	6,5	4,9	9,17	1	317	4	9
4380-015	0,57	61	5,7	8	43,27	21	115	71	41
4380-016	0,14	68	5	4,3	17,90	18	319	7	13
4380-017	0,24	61	5,2	3,7	4,29	9	320	3	5
4380-018	0,15	69	4,5	8,2	3,79	3	63	5	4
4380-019	0,66	61	4,6	6,7	10,30	9	326	7	11
4380-020*	0,42	65	6,5	4,2	16,21	2	373	7	14
4380-021	0,27	65	4,8	4,4	27,07	24	184	12	21
4380-022*	0,25	62	6,5	4,6	23,29	1	251	14	18
4380-023*	0,89	66	6,5	4,7	7,07	2	199	3	7
4380-024	0,58	64	5,1	2,7	6,53	4	184	4	5
4380-025	0,73	77	4,3	4,1	11,62	4	124	6	7
4380-025-1*	0,64	74	6,5	4,5	12,89	1	197	3	11
4380-026*	0,18	74	6,5	4,1	15,57	2	237	7	11
4380-027	0,64	76	4,8	5,8	9,26	14	119	8	4
4380-027-1*	0,50	77	6,5	4,3	4,42	1	123	2	2
4380-028*	0,22	82	6,5	5	18,36	2	161	11	12
ORTALAMA	0,52	64,88	5,28	4,69	14,32	6,32	269,80	7,28	11,44

X₁ = Bakı puanı, X₂ = Yamaç eğimi (%), X₃ = Yol genişliği (m), X₄ = Kazı şevi yüksekliği (m), X₅ = Kayıp orman (ha), X₆ = Yolda gözlenen şev heyelan (adet), Y₁ = Akarsu yatakları ortalama uzaklık (m), Y₂ = Potansiyel sanat yapısı (adet), Y₃ = Bölmelere bağlantı sayısı (adet) ve *OGM tarafından planlanan orman yolları

En yüksek X₃ (yol genişliği) değerine (6,5 m.) sahip 10 adet orman yolu bulunmakta iken, en düşük X₃ değerine sahip yol kodu ise 4380-025'tir (4,3 m.). X₄ (kazı şevi yüksekliği) değişkeni için ortalama 4,692'dir. Bu değişkenin en büyük değeri 8,2 iken, en küçük değeri ise 2,2 olarak belirlenmiştir. En yüksek X₄ değerine sahip yol kodu 4380-018 kodlu orman

yolu iken, en düşük X_4 değerine sahip yol kodu ise 4380-003'tür. X_5 (kayıp orman) değişkeni için ortalama değer 14,322'dir. Bu değişkenin en yüksek değeri 43,27 iken, en düşük değeri 3,78 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek X_5 değerine sahip yol kodu 4380-015 kodlu orman yolu iken, en düşük X_5 değerine sahip yol kodu ise 4380-002'dir. X_6 (yolda gözlenen şev heyelan) değişkeni için ortalama 6,32'dir. Bu değişkenin en büyük değeri 39 iken, en küçük değeri ise 0'dır. En yüksek X_6 değerine sahip yol kodu 4380-012 kodlu orman yolu iken, en düşük X_6 değerine sahip yol kodu ise 4380-002'dir.

Çıktı değişkenleri incelendiğinde ise, Y_1 (akarsu yatakları ortalama uzaklık) değişkeninin ortalama değeri 269,8 olarak bulunmuştur. Bu değişkenin en büyük değeri 538 iken en küçük değeri ise 63 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek Y_1 değerine sahip yol kodu 4380-009 kodlu orman yolu iken, en düşük Y_1 değerine sahip yol kodu ise 4380-018 olarak belirlenmiştir. Y_2 (sanat yapısı) değişkeni için ortalama değer 7,28'dir. Bu değişkenin en büyük değeri 37 iken en küçük değeri ise 1 olarak belirlenmiştir. En yüksek Y_2 değerine sahip yol kodu 4380-012 4380-009 kodlu orman yolu iken, en düşük Y_2 değerine sahip yol kodu ise 4380-002'dir. Y_3 (bölmelere bağlantı sayısı) değişkeni için ortalama değer 11,44'tür. Bu değişkenin en büyük değeri 41 iken en küçük değeri ise 2 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek Y_3 değerine sahip yol kodu 4380-015 iken, en düşük Y_3 değerine sahip yol kodu ise 4380-027-1'dir.

Ekolojik etkinlik senaryosunda girdi değişkenlerinin genel eğilimleri ve dağılımları üzerine çeşitli gözlemler yapılmıştır. Normal dağılım grafiği ile yapılan bu gözleme göre, girdi değişkenlerinden X_1 (bakı puanı) ve X_2 (yamaç eğimi) değişkenleri genellikle orta düzeyde dağılıma sahiptir, ancak aralarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. X_3 (yol genişliği) ve X_4 (kazı şevi yüksekliği) değişkenleri ise daha dar bir aralıkta dağılım göstermektedir. X_5 (kayıp orman) ve X_6 (yolda gözlenen şev heyelan) değişkenleri ise geniş bir aralıkta dağılıma sahiptir ve büyük varyasyonlar içermektedir. Çıktı değişkenleri olan Y_1 (akarsu yatakları ortalama uzaklık), Y_2 (potansiyel sanat yapısı) ve Y_3 (bölmelere bağlantı sayısı) ise genel olarak daha homojen bir dağılım göstermektedir.

3.1.2. Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi

Ekolojik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler ölçeklendirilmiş, kısıtlanmış ve normalizasyon uygulanmıştır. Daha sonra normalize veriler için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Ekolojik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi

Değişkenler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
X ₁	1								
X ₂	-0,22	1							
X ₃	-0,13	0,09	1						
X ₄	-0,10	0,33	-0,12	1					
X ₅	0,23	0,39*	0,35	-0,19	1				
X ₆	-0,01	0,20	-0,58**	0,32	-0,19	1			
Y ₁	0,17	-0,54**	-0,08	-0,59**	0,05	-0,25	1		
Y ₂	-0,17	0,15	-0,10	0,70**	-0,38*	0,24	-0,68	1	
Y ₃	0,31	0,15	0,25	0,19	0,24	-0,15	0,11	-0,20	1

X₁ = Bakı puanı, X₂ = Yamaç eğimi (%), X₃ = Yol genişliği (m), X₄ = Kazı şevi yüksekliği (m), X₅ = Kayıp orman (ha), X₆ = Yolda gözlenen şev heyelan (adet), Y₁ = Akarsu yatakları ortalama uzaklık (m), Y₂ = Sanat yapısı (adet), Y₃ = Bölmelere bağlantı sayısı (adet)

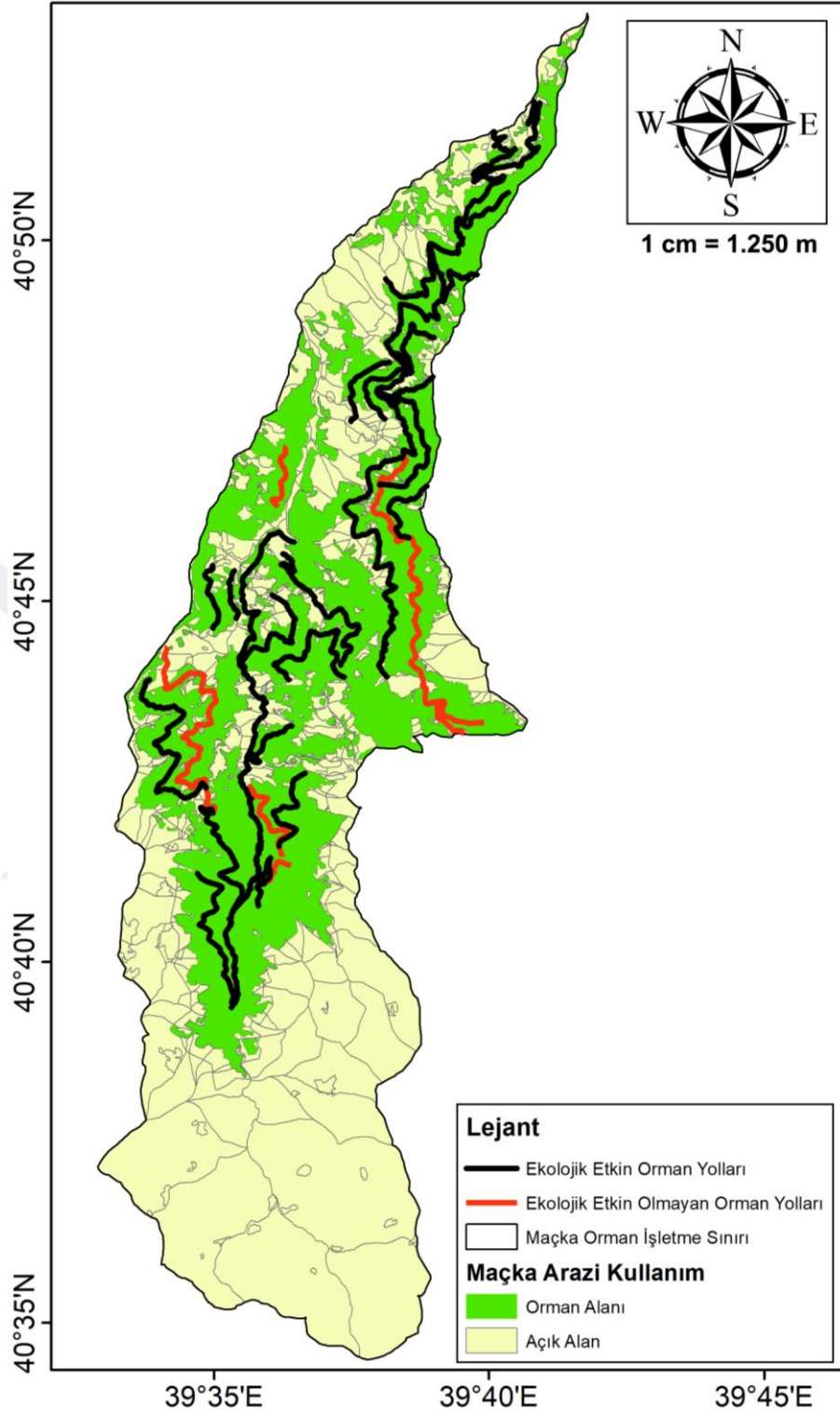
* Korelasyon $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.

** Korelasyon $p < 0,01$ düzeyinde anlamlıdır.

Pearson korelasyon analizine göre ekolojik senaryoyu oluşturan değişkenlerden X₄ (potansiyel sanat yapısı sayısı) ile Y₂ (kazı şevi yüksekliği) arasında güçlü pozitif ($r=0,73$) ve anlamlı ($p < 0,05$) bir ilişki bulunmaktadır. Değişkenlerin birbirleri ile üzerinde açıkladıkları varyans %49,4'tür. Akarsu yataklarından uzaklaşan orman yollarının, geometrik standartlara bağlı olarak daha kolay inşa edilmesi ile uyumlu bir analiz olduğu düşünülmektedir. Karadeniz bölgesinde eğimli arazi yapısı ve mikro havza yoğunluğunun fazla olması ile su ayırım çizgilerinin birbirlerine yakınlığı bilinmektedir (Kankal & Akçay, 2019). Bu durum, eğimin hızlı yükselmesine neden olacağı belirgindir. Bu nedenle yol inşaatlarında kazı şevinin yükseklikleri ile ilgi olabilir.

Pearson korelasyon analizine göre ekolojik senaryo içerisinde Y₁ (akarsu yatakları ortalama uzaklık) ile X₂ (yamaç eğimi) değişkenleri arasında, X₃ (yol genişliği) ile X₆ (yolda gözlenen şev heyelan) değişkenleri arasında ve X₄ (kazı şevi yüksekliği) ile Y₁ (akarsu yatakları ortalama uzaklık) değişkenleri arasında orta düzeyde (sırasıyla $r=-0,54$, $r=-0,58$ ve $r=-0,59$) ve anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki bulunmaktadır.

Pearson korelasyon analizinde X₂ (Yamaç eğimi) ile X₅ (Kayıp orman) arasında orta düzeyde ($r=0,33$) ve anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 43. Ekolojik etkinlik senaryosu için etkinlik haritası

3.1.3. Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri

Çalışma kapsamında oluşturulan ekolojik etkinlik analizi modelinde etkin ve etkin olmayan orman yollarının etkinlik skorları Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Ekolojik etkinlik senaryosunda etkinlik skorları

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru
4380-001	1	4380-011*	0,704	4380-021	0,791
4380-002	1	4380-012	1	4380-022*	1
4380-003	1	4380-013	0,844	4380-023*	0,933
4380-004	1	4380-014*	1	4380-024	1
4380-005	1	4380-015	1	4380-025	0,915
4380-006	1	4380-016	1	4380-025-1*	1
4380-007*	1	4380-017	1	4380-026*	1
4380-008	1	4380-018	1	4380-027	1
4380-009	1	4380-019	1	4380-027-1*	0,622
4380-010	1	4380-020*	1	4380-028*	1

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Tablo 19’da görüldüğü gibi ekolojik etkinlik senaryosunda 30 orman yolundan 24 orman yolu; 4380-001, 4380-002, 4380-003, 4380-004, 4380-005, 4380-006, 4380-007, 4380-008, 4380-009, 4380-010, 4380-012, 4380-014, 4380-015, 4380-016, 4380-017, 4380-018, 4380-019, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025, 4380-026 ve 4380-027 etkin çıkmışlardır. Yeni planlanan orman yollarından 4380-007, 4380-014, 4380-020, 4380-022, 4380-025-1, 4380-026 ve 4380-028 kodlu orman yollarının etkin olduğu, 4380-011, 4380-023 ve 4380-027-1 kodlu orman yollarının etkin olmadığı görülmektedir. Etkinlik skorlarına bakıldığında, en az ekolojik etkinlik skoruna sahip olan yol 4380-027-1 kodlu orman yoludur. Orman yollarının etkinlik skorlarına göre CBS ortamında haritalandırılması Şekil 43’de verilmiştir.

3.1.4. Ekolojik Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri

Ekolojik etkinlik senaryosuna göre referans düzeylerine göre 6 adet orman yolu etkin değildir. Bu orman yollarının en fazla referans aldığı orman yolu, 4380-006 kodlu orman yoludur. 4380-011, 4380-013 ve 4380-025 kodlu orman yolu 5 adet etkin durumdaki orman

yolunu referans olarak alırken, 4380-023 kodlu orman yolu yalnızca 2 adet etkin durumdaki orman yolunu referans almıştır (Tablo 20).

Tablo 20. Ekolojik etkinlik senaryosunda referans düzeyleri

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Referans Alınan Orman Yolları ve Referans Düzeyleri				
4380 011*	0,704	4380-002 (0,45012)	4380-017 (0,06184)	4380-018 (0,01500)	4380-022 (0,11252)	4380-026 (0,08671)
4380 013	0,844	4380-006 (0,38276)	4380-008 (0,12282)	4380-010 (0,04940)	4380-018 (0,29780)	4380-019 (0,00374)
4380 021	0,791	4380-003 (0,03957)	4380-006 (0,22593)	4380-016 (0,28773)	4380-018 (0,14471)	-
4380 023*	0,933	4380-006 (0,91842)	4380-007 (0,06972)	-	-	-
4380 025	0,915	4380-002 (0,09333)	4380-003 (0,08715)	4380-006 (0,11392)	4380-012 (0,07864)	4380-018 (0,28402)
4380 027-1*	0,622	4380-002 (0,34360)	4380-006 (0,14116)	4380-007 (0,07567)	4380-024 (0,14430)	-

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Tablo 20'e göre 0,933 etkinlik skoruna sahip olan 4380-023 kodlu orman yoluna örnek olarak bakıldığında, 4380-023 kodlu orman yolu; 4380-006 ve 4380-007 kodlu orman yollarını sırasıyla 0,91842 ve 0,06972 düzeyleri ile referans alması gerekmektedir.

Tablo 17'deki orman yollarının mevcut durumlarından kayıp orman alanı (X_5) ve akarsu yataklarına olan uzaklık (Y_1) değişkenleri değerleri ile Tablo 20'deki referans düzeylerinden yararlanılarak, 4380-023 kodlu orman yolunun X_5 ve Y_1 değişkenlerine ait hedef değeri;

$$X_5 = [(7,70) \times (0,91842) + (5,26) \times (0,06972)] = 6,59 \text{ ha}$$

$$Y_1 = [(288,6) \times (0,91842) + (200,5) \times (0,06972)] = 278,99 \text{ metre olarak hesaplanabilir.}$$

Değişim oranını temsil eden projeksiyon değerleri ise; X_5 için $\frac{[(6,59-7,07)] \times 100}{7,07} = - \%6,79$

ve Y_1 için $\frac{[(278,99-198,6)] \times 100}{198,6} = + \%40,47$ olarak hesaplanmaktadır. Ekolojik etkinlik

senaryosuna göre 4380-023 kodlu orman yolunun tüm girdi ve çıktı değişkenleri yukarıdaki örneğe benzer şekilde hesaplanmıştır ve Tablo 21'te verilmiştir. Diğer 29 adet orman yolunun mevcut durum, hedef değer ve değişimi temsil eden projeksiyon oranları EK-3'te verilmiştir.

Tablo 21. 4380-023 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri

Değişkenler	Referans Gösterilen Orman Yolları		4380-0023 Kodlu Orman Yolu		
	4380-006 (0.91842)	4380-007 (0.06972)	Mevcut Durum	Hedef Değer	Projeksiyon (%)
X ₁	0,569	0,653	0,891	0,568	-36,22
X ₂	62,47	55,23	65,64	61,22	-6,74
X ₃	5,5	6,5	6,5	5,5	-14,77
X ₄	4,3	4,0	4,7	4,2	-10,04
X ₅	7,70	5,26	7,07	6,59	-6,79
X ₆	2	1	2	1,69	-15,41
Y ₁	288,6	200,5	198,6	278,99	40,47
Y ₂	4	5	3	3,54	18,09
Y ₃	8	8	7	7,00	0

Tablo 21'e göre, 4380-023 kodlu orman yolunun ekolojik senaryoya göre etkin duruma gelebilmesi için, bakı puanı değerini %36,22 azaltarak 0,56'e, yamaç eğimini %6,74 azaltarak %61,22 eğim değerine, yol genişliğini %14,77 azaltarak 5,5 m.'ye, kazı şevi yüksekliğini %10,04 azaltarak 4,2 m.'ye, yol genişliğine bağlı kayıp orman alanı %6,79 azaltarak 6,59 ha'a, yol boyunca gözlenen şev ve heyelan miktarını %15,41 azaltarak 1,69 adet olmalıdır. Bu değerlerin azaltılması ile yolun çevresel etkilerini azaltarak ekosisteme olan olumsuz etkilerin en aza indirmek amaçlanmaktadır.

4380-023 kodlu orman yolunun ekolojik senaryoya göre etkin durumda olduğu durumda çıktı değişkenlerinin değişim oranları artacaktır. Bu duruma göre ortalama akarsu yataklarına olan uzaklık %40,47 artarak 278,99 metre, sanat yapısı sayısı %18,09 artarak 3,54 adet olacaktır. Orman yolunun bölmelere olan bağlantı sayısı ise herhangi bir değişikliğe uğramayacaktır.

Bu değerlerin gösterdiği koşullar içerisinde 2380-023 kodlu orman yolu etkin duruma gelecektir. Ayrıca bu orman yolunun çıktı değerlerinde artış olacağı gözlenmektedir. Bu çerçevede, belirli değişkenlerin hedeflenen düzeylere getirilmesi ve çıktı değişkenlerindeki artışlar, yolun ekolojik açıdan sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

3.1.5. Ekolojik Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması

Ekolojik senaryo ile ilgili ilk gözlem etkinlik skorlarının ortalamasının en yüksek olduğu senaryodur. Bölüm 3.1.3'te görüldüğü gibi, en az ekolojik etkinlik skoruna sahip olan orman yolu 4380-027-1 kodlu orman yoludur. 4380-027-1 kodlu orman yolunun bakı

puanı ve kayıp orman alanı değişkenlerinin değişim oranlarının çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu orman yolunun bir sırt üzerinden geçerek, hızlı bir şekilde vadiye indiği ve ardından vadinin karşı yamacına geçtiği görülmektedir. Bakı farklılığının bu kadar keskin olması ekolojik olarak etkin olmamasını sağladığı görülmektedir.

Genel değerlendirmeye bakıldığında, 5 km'den uzun olan 8 adet orman yolunun 6 tanesi etkin çıkarken, 2 tanesi etkin çıkmamıştır. Araştırmalar, orman yollarının uzunluğunun ve yoğunluğunun ormansızlaşmaya yol açarak endemik ekosistemleri ve biyolojik çeşitliliği etkileyebileceğini göstermiştir (Poor, Jati, Imron, & Kelly, 2019). Etkin yolların, etkin olmasının nedeni eğimlerinin daha düşük olması, bağlantı alanlarının daha fazla olması ve kazı şevlerinin daha düşük olması olabilir. Özellikle kazı şevinin fazla olması habitat kaybı ve doğal alanların bozulmasına etki etmektedir (Benítez-López, Alkemade, & Verweij, 2010). Habitat kaybının az olması, çıktı değişkeni olan doğa koruma ormanları ile benzer misyonlara sahiptir. Akarsu yataklarına yakınlık açısından, akarsu yataklarına uzak olan orman yollarının etkin olduğu gözlenmiştir. Bu durum orman yollarının, akarsu yataklarında tortu birikmesi (Kleinschroth & Healey, 2017), doğrudan akış hacimlerinin artışı ve yüksek akış hızlarına (Soulis, Dercas, & Papadaki, 2014) karşı, yol kenarı hendeklerinin ve çıkış ağzlarının altına oyulmuş menfezlerin doğru tasarlandığını (Wemple, Jones, & Grant, 1996) gösterebilir. Etkin orman yollarının sanat yapılarının etkin olmayanlara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Etkin yolların güneyli bakılar için daha fazla puana sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, literatürü desteklemektedir. Kuzey yarım kürede güney bakıda daha fazla yağış görülmektedir. Bu nedenle güneyli bakılarda heyelan olabilme olasılığı daha fazladır (Çellek, 2022). Heyelan alanlarının ve orman yollarının bakısı, orman toprağını etkileyen değişkenlerden biridir (Sessions, 2007; Hosseini, Gorgandipur, & Nikooy, 2018; Çalışkan & Karahalil, 2017). Bu durum ayrıca etkin orman yollarında heyelan adeti ortalamasının (7,4), etkin olmayan orman yolları ortalamasına (10,8) göre az olmasını desteklemektedir. Heyelan açısından bu orman yollarının etkin olabilmesi için, ortalamasının 6 adete düşmesi gerekmektedir. Etkin orman yollarının yamaç eğimi %62,98 iken, etkin olmayan orman yollarının yamaç eğiminin %68,73 olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak kazı şevi uzunluklarının da fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, Doğu Karadeniz Bölgesinin ortalama yamaç eğiminin %71,74 olduğu göz önüne alındığında (Hatay, 2014) düşük bir değerdir. Etkin orman yollarının yol genişliği, etkin olmayanlara göre daha fazladır. Yolların genişliği ve özellikleri, yol kenarındaki bitki örtüsünü ve toprak koşullarını hareketini etkileyebilir (Trombulak &

Frissell, 2000). Bu durum her ne kadar ekolojik senaryoya uygun gibi durmasa da etkin yolların planlı, bakımlı ve kullanıma daha fazla açık olduğu düşünülmelidir. Etkin orman yollarının bağlantı sağladığı alanlar, etkin olmayanlara göre daha yüksektir. Bu durum, orman yollarının doğal afet sonrasında kritik merkezlere acil ulaşım için kullanılabilirliğinin CBS ortamında ağ analizi yöntemiyle araştırıldığı ve orman yolları yardımıyla oluşturulacak olası güzergahlar ile mevcut karayolu güzergahı arasında zaman ve mesafe yönünden karşılaştırmalar yapıldığı çalışmaları (Vatandaşlar & Demir, 2015) desteklemektedir.

3.2. Ekonomik Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular

Ekonomik Fonksiyona bağlı olan ekonomik etkinlik senaryosunda bulguların incelenmesi dört başlıkta incelenmektedir. Bu başlıklar; kullanılan değişkenler, değişkenlerin istatistiksel analizi, etkinlik değerleri ve referans düzeyleri şeklindedir.

3.2.1. Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler

Ekonomik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler, arazi çalışmaları ve CBS modelleri sayesinde ortaya konmuştur. Kullanılan değişkenler Tablo 22’de verilmiştir.

Girdi değişkenleri incelendiğinde, X_1 (bakı puanı) değişkeni incelendiğinde, ortalama bakı puanının 0,516 olduğu görülmektedir. Bu değişkenin en yüksek değeri 0,891 ve en düşük değeri ise 0,141 olarak belirlenmiştir. En yüksek bakı puanına sahip yol kodu 4380-023 iken, en düşük bakı puanına sahip yol kodu ise 4380-016’dır. X_2 (yamaç eğimi) değişkeni için ortalama değer 64’tür. Bu değişkenin en yüksek değeri 82 ve en düşük değeri ise 41 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek yamaç eğimine sahip yol kodu 4380-028 iken, en düşük yamaç eğimine sahip yol kodu ise 4380-004 olarak belirlenmiştir. X_3 (inşaat genişliği) değişkeni için ortalama değer 9,5 olarak bulunmuştur. Bu değişkenin en yüksek değeri 16,4 ve en düşük değeri ise 5,0 olarak belirlenmiştir. En yüksek inşaat genişliğine sahip yol kodu 4380-015 iken, en düşük inşaat genişliğine sahip yol kodu ise 4380-003’tür. X_4 (potansiyel sanat yapıları) değişkeni için ortalama değer 37 adettir. Bu değişkenin en yüksek değeri 71 ve en düşük değeri ise 7 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek potansiyel sanat yapılarına sahip yol kodu 4380-022 iken, en düşük potansiyel sanat yapılarına sahip yol kodu ise 4380-004 olarak belirlenmiştir. X_5 (kıvrımlılık faktörü) değişkeni için ortalama değer 1,056’dır. Bu değişkenin en yüksek değeri 1,091 ve en düşük değeri ise 1,019 olarak bulunmuştur. En

yüksek kıvrımlılık faktörüne sahip yol kodu 4380-025 iken, en düşük kıvrımlılık faktörüne sahip yol kodu ise 4380-004'tür.

Tablo 22. Ekonomik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler

YOL KODU	GİRDİ								ÇIKTI			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
4380-001	0,490	57	10,1	39	1,037	2,23	89	4.595	400	12,8	370	29.982
4380-002	0,286	56	9,1	9	1,034	2,66	26	1.898	250	5,3	32	2.052
4380-003	0,551	64	5,0	2	1,043	1,23	22	8.777	320	27,4	9	4.403
4380-004	0,715	41	8,2	4	1,019	2,36	35	4.393	500	17,1	24	23.323
4380-005	0,609	54	9,8	20	1,040	1,96	80	10.034	250	18,6	103	32.707
4380-006	0,569	62	9,1	4	1,029	2,07	19	16.911	300	24,4	23	4.374
4380-007*	0,653	55	9,3	5	1,051	1,27	24	337	363	16,5	177	5.762
4380-008	0,685	66	11,4	5	1,046	1,68	26	16.395	300	19,5	11	8.341
4380-009	0,707	49	5,8	0	1,020	1,79	19	8.802	440	17,4	6	4.786
4380-010	0,702	59	7,0	6	1,036	1,58	18	7.718	285	24,2	1	9.886
4380-011*	0,270	61	9,4	4	1,054	1,24	10	623	670	26,4	156	230
4380-012	0,695	65	9,6	22	1,071	1,59	85	10.760	570	18,0	217	17.107
4380-013	0,789	66	11,7	23	1,059	1,42	112	10.205	650	21,3	182	27.142
4380-014*	0,679	66	10,1	4	1,063	1,75	12	942	360	24,2	1	9.730
4380-015	0,574	61	16,4	71	1,045	1,36	148	14.906	720	15,3	309	20.507
4380-016	0,141	68	8,7	7	1,052	1,74	57	9.398	700	17,8	29	9.707
4380-017	0,242	61	8,1	3	1,041	1,21	13	6.960	500	20,4	46	1.944
4380-018	0,148	69	15,2	5	1,064	1,11	7	12.282	277	17,8	23	1.821
4380-019	0,656	61	13,7	7	1,049	1,76	29	11.963	570	17,1	46	7.047
4380-020*	0,419	65	8,9	7	1,071	3,14	29	380	440	22,8	70	17.598
4380-021	0,268	65	8,9	12	1,059	1,95	90	8.729	510	16,3	180	9.713
4380-022*	0,253	62	9,9	14	1,047	2,10	36	117	510	20,6	71	11.833
4380-023*	0,891	66	9,8	3	1,048	1,23	11	1.152	415	29,0	0	6.929
4380-024	0,582	64	6,0	4	1,059	1,49	9	2.706	450	17,1	54	3.778
4380-025	0,731	77	7,7	6	1,091	1,92	3	1.370	250	22,3	8	6.199
4380-025-1*	0,645	74	8,9	3	1,076	1,60	15	868	257	25,5	65	8.178
4380-026*	0,180	74	8,3	7	1,080	1,68	21	153	1000	22,8	74	6.048
4380-027	0,642	76	10,5	8	1,089	3,43	20	8.020	270	22,0	41	3.488
4380-027-1*	0,502	77	8,5	2	1,086	1,30	10	1.145	175	33,5	44	4.486
4380-028*	0,218	82	9,3	11	1,109	1,32	21	635	400	25,8	60	6.823
ORTALAMA	0,516	64	9,5	11	1,056	1,77	37	6106	470	20,6	81	10197

X₁= Bakı puanı, X₂= Yamaç eğimi (%), X₃= İnşaat genişliği (m), X₄= Potansiyel sanat yapısı (adet), X₅ = Kıvrımlılık faktörü, X₆ = Dolambaçlılık faktörü, X₇ = Yatay kurp sayısı (adet), X₈ = Yol yüzeyindeki deformasyonlar (adet/km²), Y₁ = Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y₂ = Alan uzunluk oranı, Y₃ = Ekonomik fonksiyonlu meşçereye ulaşım (ha), Y₄ = Emval miktarı (m³) ve *OGM tarafından planlanan orman yolları

X_6 (dolambaçlılık faktörü) değişkeni için ortalama değer 1,77 olarak bulunmuştur. Bu değişkenin en yüksek değeri 3,43 ve en düşük değeri ise 1,11 olarak gözlemlenmiştir. En yüksek dolambaçlılık faktörüne sahip yol kodu 4380-027 iken, en düşük dolambaçlılık faktörüne sahip yol kodu ise 4380-018'dir. X_7 (yatay kurp sayısı) değişkeni için ortalama değer 37 adettir. Bu değişkenin en yüksek değeri 148 ve en düşük değeri ise 3'tür. En yüksek yatay kurp sayısına sahip yol kodu 4380-015 iken, en düşük yatay kurp sayısına sahip yol kodu ise 4380-024'tür. X_8 (yol yüzeyindeki deformasyonlar) değişkeni için ortalama değer 11 adet/km² olarak hesaplanmıştır. Bu değişkenin en yüksek değeri 112 ve en düşük değeri ise 3 olarak belirlenmiştir. En yüksek yol yüzeyindeki deformasyonlara sahip yol kodu 4380-013 iken, en düşük yol yüzeyindeki deformasyonlara sahip yol kodu ise 4380-024'tür.

Çıktı değişkenleri incelendiğinde ise, Y_1 (ortalama yol aralık mesafesi) değişkeni için ortalama değer 470 metredir. Bu değişkenin en yüksek değeri 1000 metre iken, en düşük değeri ise 175 metredir. En yüksek ortalama yol aralık mesafesine sahip yol kodu 4380-026 iken, en düşük ortalama yol aralık mesafesine sahip yol kodu ise 4380-027-1'dir. Y_2 (alan uzunluk oranı) değişkeni için ortalama değer 20,6'dır. Bu değişkenin en yüksek değeri 33,5 iken, en düşük değeri ise 15,3'tür. En yüksek alan uzunluk oranına sahip yol kodu 4380-027-1 iken, en düşük alan uzunluk oranına sahip yol kodu ise 4380-015'tir. Y_3 (ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım) değişkeni için ortalama değer 81 hektardır. Bu değişkenin en yüksek değeri 217 iken, en düşük değeri ise 1'dir. En yüksek ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım miktarına sahip yol kodu 4380-012 iken, en düşük ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım miktarına sahip yol kodu ise 4380-010'dur. Y_4 (emval miktarı) değişkeni için ortalama değer 10.197 m³'tür. Bu değişkenin en yüksek değeri 27.142 m³ iken, en düşük değeri ise 230 m³'tür. En yüksek emval miktarına sahip yol kodu 4380-013 iken, en düşük emval miktarına sahip yol kodu ise 4380-011'dir.

Ekonomik etkinlik senaryosunda girdi değişkenlerinin genel eğilimleri ve dağılımları üzerine çeşitli gözlemler yapılmıştır. Normal dağılım grafiği ile yapılan bu gözleme göre, girdi değişkenlerinden X_1 (bakı puanı), X_2 (yamaç eğimi) ve X_4 (potansiyel sanat yapıları) değişkenleri genellikle normal düzeyde dağılıma sahiptir, ancak kendi aralarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. X_3 (inşaat genişliği) ve X_6 (dolambaçlılık faktörü) değişkeni ise daha dar bir aralıkta dağılım göstermektedir. X_5 (kıvrımlılık faktörü) değişkeni ise geniş bir aralıkta dağılıma sahiptir ve büyük varyasyonlar içermektedir. X_7 (yatay kurp sayısı) ve X_8 (yol yüzeyindeki deformasyonlar) değişkenleri, genel olarak orta düzeyde bir dağılım sergilemektedir. Çıktı değişkenleri olan Y_1 (ortalama yol aralık mesafesi), Y_2 (alan uzunluk

oranı), Y_3 (ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım) ve Y_4 (emval miktarı) ise genel olarak daha homojen bir dağılım göstermektedir.

3.2.2. Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi

Ekonomik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler ölçeklendirilmiş, kısıtlanmış ve normalizasyon uygulanmıştır. Daha sonra normalize veriler için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. Ekonomik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi

Değişkenler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
X ₁	1											
X ₂	-0,22	1										
X ₃	-0,05	0,10	1									
X ₄	-0,17	0,15	0,71**	1								
X ₅	-0,19	0,90**	0,08	0,17	1							
X ₆	0,03	-0,11	-0,06	0,13	-0,01	1						
X ₇	0,11	-0,42	0,07	0,02	-0,44	0,11	1					
X ₈	0,15	-0,18	0,41*	0,20	-0,38	-0,07	0,49**	1				
Y ₁	0,24	-0,17	-0,04	-0,12	-0,16	0,18	0,20	0,17	1			
Y ₂	0,16	0,52**	-0,24	-0,35	0,42*	-0,31	-0,26	-0,24	-0,28	1		
Y ₃	-0,20	-0,03	0,06	0,18	0,12	-0,24	0,08	-0,29	-0,54**	0,03	1	
Y ₄	0,52**	-0,31	-0,14	-0,31	-0,20	0,17	0,21	-0,12	0,33	0,24	-0,26	1

X₁ = Bakı puanı, X₂ = Yamaç eğimi (%), X₃ = İnşaat genişliği (m), X₄ = Potansiyel sanat yapısı (adet), X₅ = Kıvrımlılık faktörü, X₆ = Dolambaçlılık faktörü, X₇ = Yatay kurp sayısı (adet), X₈ = Yol yüzeyindeki deformasyonlar (adet/km²), Y₁ = Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y₂ = Alan uzunluk oranı, Y₃ = Ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım (ha), Y₄ = Emval miktarı (m³)

* Korelasyon p<0,05 düzeyinde anlamlıdır.

** Korelasyon p<0,01 düzeyinde anlamlıdır.

Pearson korelasyon analizine göre ekonomik senaryoyu oluşturan değişkenlerden yamaç eğimi (X₂) ile kıvrımlılık faktörü (X₅) arasında güçlü pozitif (r=0,90) ve anlamlı (p<0,01) bir ilişki bulunmaktadır. İnşaat alanı genişliği (X₃) ile potansiyel sanat yapısı sayısı (X₄) arasında güçlü pozitif (r=0,71) ve anlamlı (p<0,01) bir ilişki bulunmaktadır. Y₂ (alan uzunluk oranı) ile X₂ (yamaç eğimi) arasındaki orta düzeyde pozitif korelasyon (r = 0,52) belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır. Bu ilişki, alan uzunluk oranının artmasıyla birlikte yamaç eğiminin de arttığını göstermektedir. Alan uzunluk oranı, işletmeye açılan alan ile yol uzunluğunun birbirine oranlanması ile bulunmaktadır. Yamaç eğiminin, alan uzunluk

oranı arasında pozitif ilişki kurması, orman yollarının uzunluğunun arttıkça, daha yüksek kesimlerde eğimin artması ile ilgili olduğu düşünülebilir (Eker, 2020). Bununla birlikte, Y_4 (ekonomik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım) ile Y_1 (ortalama yol aralık mesafesi) arasındaki orta düzeyde belirgin negatif ($r = -0.54$) ve anlamlı ($p < 0,01$) ilişki, ortalama yol aralık mesafesinin artmasıyla birlikte emval miktarının azaldığını göstermektedir. Çünkü, buradaki ortalama yol aralık mesafesinin değeri istenen değer olan 500 metreden uzaklık ile ilgilidir. 500 metreye yaklaştıkça, emval miktarının da artacağı görülmektedir. Bu durum, orman yollarının üretim kolunun önemli parametreleri olan ortalama yol aralık mesafesi ile uyumlu görülmektedir. Optimize edilmiş ve yol aralık mesafesine uyulmuş orman yollarında emval miktarı yeterli düzeyde olacaktır (Acar, 2005; Tampekis, et al., 2015; Parsakhoo, 2016). X_2 değişkeninin (yamaç eğimi) belirgin şekilde iki farklı değişken ile anlamlı ($p < 0,01$) ilişki olması, bölgenin topografik yapısı için beklenen bir durumdur (Gümüş & Hatay, 2017)

3.2.3. Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri

Çalışma kapsamında oluşturulan ekonomik etkinlik analizi modelinde etkin ve etkin olmayan orman yollarının etkinlik skorları Tablo 24’da verilmiştir.

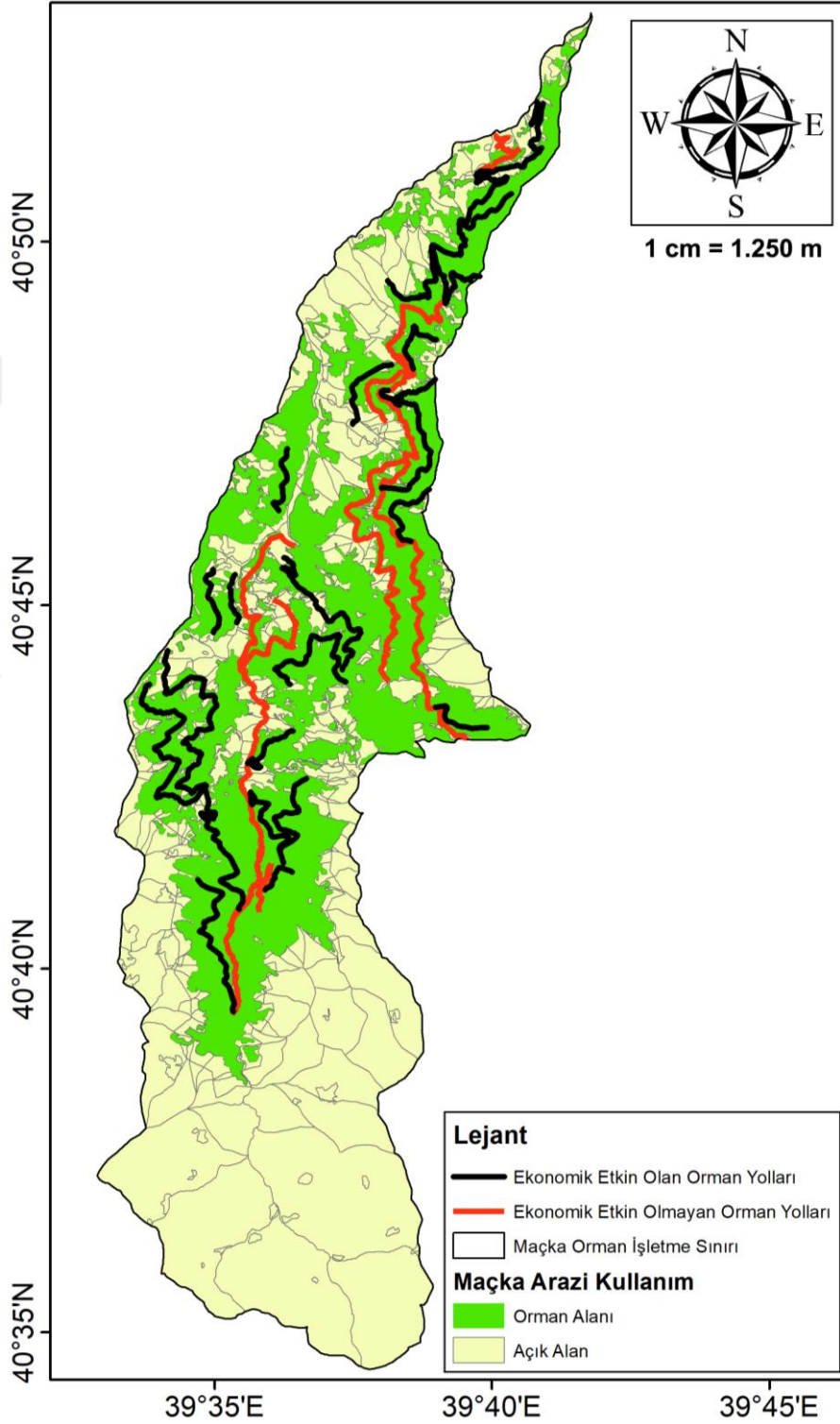
Tablo 24. Ekonomik etkinlik senaryosunda etkinlik skorları

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru
4380-001	1	4380-011*	1	4380-021	1
4380-002	0,959	4380-012	0,818	4380-022*	1
4380-003	1	4380-013	0,824	4380-023*	1
4380-004	1	4380-014*	1	4380-024	1
4380-005	0,829	4380-015	0,778	4380-025	1
4380-006	1	4380-016	1	4380-025-1*	1
4380-007*	1	4380-017	1	4380-026*	1
4380-008	0,744	4380-018	1	4380-027	0,733
4380-009	1	4380-019	0,872	4380-027-1*	1
4380-010	1	4380-020*	1	4380-028	1

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Tablo 24’de görüldüğü gibi ekonomik etkinlik senaryosunda 30 orman yolundan 22 orman yolu; 4380-001, 4380-003, 4380-004, 4380-006, 4380-007, 4380-09, 4380-010, 4380-011, 4380-014, 4380-016, 4380-017, 4380-018, 4380-020, 4380-021, 4380-022, 4380-

023, 4380-024, 4380-025, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027-1 ve 4380-028 etkin çıkmışlardır. Yeni planlanan orman yolları arasında ekonomik olarak etkin olmayan orman yolu bulunmamaktadır.



Şekil 44. Ekonomik etkinlik senaryosu için etkinlik haritası

Etkinlik skorlarına bakıldığında, en az ekonomik etkinlik skoruna sahip olan yol 4380-027 kodlu orman yoludur. Orman yollarının etkinlik skorlarına göre CBS ortamında haritalandırılması Şekil 44’da verilmiştir.

3.2.4. Ekonomik Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri

Ekonomik etkinlik senaryosundaki referans düzeylerine göre 8 adet orman yolu etkin değildir. Bu orman yollarının en fazla referans aldığı orman yolları 4380-004 ve 43980-017 kodlu orman yollardır ve 8 adet orman yoluna referans olmuşlardır. 4380-027 kodlu orman yolu 6 adet etkin durumdaki orman yolunu referans olarak alırken, 4380-002, 4380-005, 4380-008, 4380-012 ve 4380-013 kodlu orman yolları 4 adet etkin durumdaki orman yolunu referans almıştır (Tablo 25).

Tablo 25. Ekonomik etkinlik senaryosunda referans düzeyleri

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Referans Alınan Orman Yolları ve Referans Düzeyleri					
4380-002	0,959	4380-004 (0.14201)	4380-007 (0.02309)	4380-017 (0.16294)	4380-022 (0.46497)	-	-
4380-005	0,829	4380-003 (0.09469)	4380-004 (0.47718)	4380-017 (0.10574)	4380-027-1 (0.17071)	-	-
4380-008	0,744	4380-003 (0.04542)	4380-004 (0.22031)	4380-017 (0,30783)	4380-023 (0.28306)	-	-
4380-012	0,818	4380-004 (0.23742)	4380-007 (0.08391)	4380-017 (0.58903)	4380-024 (0.04141)	-	-
4380-013	0,824	4380-004 (0.12032)	4380-007 (0.12945)	4380-017 (0.26392)	4380-023 (0.40251)	-	-
4380-015	0,778	4380-004 (0.09329)	4380-007 (0.01940)	4380-017 (0.70155)	-	-	-
4380-019	0,872	4380-004 (0.31509)	4380-017 (0.26490)	4380-024 (0.37627)	-	-	-
4380-027	0,733	4380-004 (0.02604)	4380-007 (0.03882)	4380-011 (0.00515)	4380-017 (0.36542)	4380-023 (0.30113)	4380-027-1 (0.13630)

Tablo 25’e göre 0,778 etkinlik skoruna sahip olan 4380-015 kodlu orman yoluna örnek olarak bakıldığında, 4380-004, 4380-007 ve 4380-017 kodlu orman yollarını sırasıyla 0,09329, 0,01940 ve 0,70155 düzeyleri ile referans alması gerekmektedir.

Tablo 22’deki orman yollarının mevcut durumundan sanat yapısı sayısı (X_4) ve yol deformasyon yoğunluğu (X_8) değişkenleri değerleri ile Tablo 25’deki referans

düzeylerinden yararlanılarak, 4380-015 kodlu orman yolunun X_4 ve X_8 değişkenlerine ait hedef değeri;

$$X_4 = [(4) \times (0.09329) + (5) \times (0.01940) + (3) \times (0.70155)] = 20 \text{ adet}$$

$$X_8 = [(4394) \times (0.09329) + (337) \times (0.01940) + (6960) \times (0.70155)] = 5299 \text{ adet/km}^2$$

olarak hesaplanabilir. Değişim oranını temsil eden projeksiyon değerleri ise; X_4 için $\frac{[(20-71)] \times 100}{71} = -\%71,44$ ve X_8 için $\frac{[(5299-14907)] \times 100}{14907} = -\%64,45$ olarak hesaplanmaktadır.

Ekonomik etkinlik senaryosuna göre 4380-015 kodlu orman yolunun tüm girdi ve çıktı değişkenleri yukarıdaki örneğe benzer şekilde hesaplanmıştır ve Tablo 26’de verilmiştir. Diğer 29 adet orman yolunun mevcut durum, hedef değer ve değişimi temsil eden projeksiyon oranları EK-4’te verilmiştir.

Tablo 26. 4380-015 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri

Değişkenler	Referans Gösterilen Orman Yolları			4380-015 Kodlu Orman Yolu		
	4380-004 (0.09329)	4380-007 (0.01940)	4380-017 (0.70155)	Mevcut Durum	Hedef Değer	Projeksiyon (%)
X_1	0,715	0,653	0,242	0,574	0,249	-56,60
X_2	40,89	55,23	60,79	61	47,53	-22,18
X_3	8,2	9,3	8,1	16,4	6,6	-59,59
X_4	4	5	3	71	20	-71,44
X_5	1,019	1,051	1,041	1,045	1,032	-1,29
X_6	2,358	1,266	1,206	1,355	1,277	-5,82
X_7	35,0	24,0	13,0	148	96,2	-35,02
X_8	4.394	337	6.960	14.907	5.299	-64,45
Y_1	500	363	500	720	720	0,00
Y_2	17,12	16,53	20,37	15,33	16,21	5,78
Y_3	24,01	176,90	46,21	309,2	309	0,00
Y_4	23.323	5.762	1.944	20.507	22.852	11,44

Tablo 26’a göre, 4380-015 kodlu orman yolunun ekonomik senaryoya göre etkin duruma gelebilmesi için, bakı puanı değerini %56,60 azaltarak 0,249’e, yamaç eğimi değerini %22,18 azaltarak %47,53’e, sanat yapısı sayısını %71,44 azaltarak 20 adete, inşaat genişliğini %59,59 azaltarak 6,6 m.’ye, kıvrımlılık faktörü değerini %1,29 azaltarak 1,032 değerine, dolambaçlılık faktörü değerini %5,82 azaltarak 1,277’e, kurp yoğunluğu değerini %35,02 azaltarak 96,2 adete ve yol deformasyonunu %64,45 azaltarak 5299 adet/km²e

indirilmesi gerekmektedir. Bu değerlerin azaltılması ile yolun ekonomik olarak amortismanının sağlanabileceği duruma bağlı olarak negatif etkilerin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

4380-015 kodlu orman yolunun ekonomik senaryoya göre etkin durumda olduğu durumda çıktı değişkenlerinin değişim oranları artacaktır. Çıktı değişkenlerinde ise, ortalama yol aralık mesafesi ve ekonomik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım değişkenlerinde bir değişiklik olmayacağı, yol uzunluğunun işletmeye açma oranında %5,78 oranında artarak 16,21 değerine ve amenajman planlarına göre taşınacak emval miktarının %11,44 oranında artarak 22.852 m³'ye çıkacağı ve daha fazla emval taşınabileceği ortaya konmuştur.

3.2.5. Ekonomik Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması

Ekonomik senaryonun girdi ve çıktı değişkenlerine göre yapılan VZA sonuçları incelenmiştir. Etkin olan orman yollarının yamaç eğimi değerleri, etkin olmayan orman yollarına göre daha düşük çıkmıştır. Eğiminin yüksek olduğu alanlarda ormancılık üretiminde özellikle maliyetler önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle eğimin yüksek olması ile makine kullanımı artmaktadır (Gümüş & Hatay, 2017). Diğer yandan orman yollarının inşası ve bakımında, sanat yapılarıyla ilgili yapılan harcamaların genel harcamalara dahil edilmesi gerekmektedir. Apaydın ve Öztürk (1997), sanat yapılarının yeterliliğinin belirlenmesine odaklanarak, bu tür yapıların işlevselliğinin ve maliyet etkinliğinin değerlendirilmesinin uygunluğunu belirtmektedir. Bu çalışmada etkin olan orman yollarının ortalama sanat yapısı sayısı (6 adet), etkin olmayan sanat yapılarından (22 adet) daha az bulunmuştur. Etkin olmayan orman yollarının, etkin duruma gelebilmesi için olması gereken sanat yapısı sayısının, hesaplanan referans düzeyine göre ortalama 10 adet olması gerekmektedir. Böylece ekonomik olarak yolların amortismanı sağlanabilir hale gelebilir. Yine bu orman yollarının inşaat alanı genişliğini yaklaşık %36 oranında azaltması gerekmektedir. İnşaat alanı genişliği, ekonomik olarak daha fazla kazı ve dolduru maliyetleri, ekonomik fonksiyonu etkileyen önemli bir değişkendir. Çünkü doğru maliyet değerlendirmesinin kritik rolü, maliyet tahmininin planlama sürecinde belirleyici bir faktördür (Stückelberger, Heinemann, & Burlet, 2006). Kıvrımlılık faktörü ve dolambaçlılık faktörleri, orman yollarının amaçları dışında, daha fazla maliyete sahip olmaması açısından önemlidir. Orman yollarının planlama sahası içerisinde yatay ve düşey kurp yapıları, maliyetleri ekonomik olarak yolu negatif olarak etkileyebilir. Etkin olmayan yollarının bu

faktörleri olabildiğince azaltılmalıdır. Kıvrımlılık açısından etkin olmayan orman yollarının %1,74 oranında azaltılması gerekirken, Dolambaçlılık açısından değişim oranının %18,4 olmaktadır. Üretim çalışmalarında, fazla olarak planlanan orman yolları ekonomik sonuçlar bakımından direkt etkiye sahiptir (Fraefel, Bont, & Fischer, 2021). Yatay kurp sayısı açısından da bakıldığında, etkin olmayan yolların, %27 oranında azaltılması gerekmektedir. Bu sonuç dolambaçlılık faktörü ile benzer sonuçlardadır. Yol deformasyonun fazla olması, orman yollarının sürdürülebilirliği açısından önemli ekonomik etkilerinden biridir. Formasyonunu kaybetmiş orman yolları, daha fazla maliyete neden olmaktadır ve amortisman süresini karşılayamamaktadır (Zou, Zhang, & Cheng, 2021; Heidari, Najafi, & Borges, 2022). Ekonomik senaryoya göre etkin olmayan orman yollarının yol deformasyonu sağlayan göçüklerin yaklaşık %60 oranında azaltılması gerekmektedir. Bu değer yolların ekolojik olarak etkin olabilmesi için tamir ve bakıma ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Orman yollarının planlanmasında kullanılan geleneksel yöntemler, yalnızca yol yoğunluğu, yol eğimi ve kazı ve dolduru miktarı gibi belirli değerlere bağlı olma eğilimindedir. Bu nedenle özellikle yüksek eğimli ormanlarda odun hasadı için tam ekonomik etki elde edilememektedir (Bont, Fraefel, & Fischer, 2018).

3.3. Sosyal Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular

Sosyal fonksiyona bağlı olan sosyal etkinlik senaryosunda bulguların incelenmesi dört başlıkta incelenmektedir. Bu başlıklar; kullanılan değişkenler, değişkenlerin istatistiksel analizi, etkinlik değerleri ve referans düzeyleri şeklindedir.

3.3.1. Sosyal Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler

Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler, arazi çalışmaları ve CBS modelleri sayesinde ortaya konmuştur. Kullanılan değişkenler Tablo 27’de verilmiştir.

Girdi değişkenleri incelendiğinde, X_1 (yol eğimi) değişkeni için ortalama değer 6,81’dir. Bu değişkenin en yüksek değeri 10,75 ve en düşük değeri ise 3,00’dır. En yüksek yol eğimine sahip yol kodu 4380-002’dir. En düşük yol eğimine sahip yol kodu ise 4380-008’dir.

Tablo 27. Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler

YOL KODU	GİRİDİ				ÇIKTI				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
4380-001	7,00	13.189	2,23	35	365	77,60	4324	16	161
4380-002	10,75	2.735	2,66	4	360	85,00	308	1	62
4380-003	7,50	2.012	1,23	8	365	80,80	246	8	1
4380-004	7,75	3.375	2,36	13	300	70,00	1439	29	16
4380-005	7,16	7.719	1,96	26	300	78,10	940	36	77
4380-006	6,50	1.946	2,07	8	300	40,00	126	76	47
4380-007*	6,00	2.281	1,27	5	250	26,00	4797	6	60
4380-008	3,00	2.911	1,68	9	300	59,50	655	62	20
4380-009	7,30	2.213	1,79	7	300	86,00	126	65	3
4380-010	4,60	3.907	1,58	15	250	74,00	655	0,01	104
4380-011*	6,00	1.977	1,24	8	250	26,00	816	0,01	61
4380-012	5,00	9.294	1,59	29	300	79,50	705	0,01	1
4380-013	5,45	10.563	1,42	38	300	76,40	834	0,01	297
4380-014*	7,50	2.450	1,75	9	300	30,00	658	0,01	82
4380-015	6,46	16.336	1,36	43	360	71,50	1626	0,01	14
4380-016	8,86	5.597	1,74	18	360	86,30	742	0,01	44
4380-017	3,50	1.934	1,21	4	250	75,00	762	0,01	94
4380-018	5,00	1.357	1,11	4	300	45,00	352	0,01	4
4380-019	7,50	3.798	1,76	10	300	67,50	1060	0,01	141
4380-020*	6,30	4.457	3,14	16	300	30,00	664	0,01	3
4380-021	6,00	8.664	1,95	27	250	78,90	708	0,01	9
4380-022*	5,20	6.563	2,10	23	300	13,00	943	0,01	16
4380-023*	9,00	1.736	1,23	7	300	13,00	176	0,01	0,01
4380-024	7,50	2.101	1,49	7	300	71,70	488	0,01	0,01
4380-025	6,20	3.225	1,92	12	250	85,00	488	0,01	0,01
4380-025-1*	6,20	3.192	1,60	13	250	24,00	488	0,01	0,01
4380-026*	9,50	4.021	1,68	16	200	13,00	488	0,01	0,01
4380-027	10,25	2.312	3,43	9	250	93,00	488	0,01	0,01
4380-027-1*	10,25	1.075	1,30	4	200	18,00	488	0,01	0,01
4380-028*	5,00	4.604	1,32	18	200	26,00	488	0,01	0,01
ORTALAMA	6,81	4585	1,77	15	287	57	903	9,97	43,90

X₁ = Yol eğimi (%), X₂ = Yol uzunluğu (m), X₃ = Dolambaçlılık faktörü, X₄ = Kayıp orman (ha), Y₁ = Hizmet süresi (gün), Y₂ = Kazı şevlerinin yeşillenme oranı (%), Y₃ = Mahalle nüfusu (kişi), Y₄ = Estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım (ha), Y₅ = Ziraat-mera alanlarına ulaşım (ha) ve *OGM tarafından planlanan orman yolları

X₂ (yol uzunluğu) değişkeni için ortalama değer 4585 metredir. En yüksek yol uzunluğu 16.336 metre iken, en düşük yol uzunluğu ise 1.075 metredir. En uzun yola sahip yol kodu 4380-015'tir. En kısa yola sahip yol kodu ise 4380-027-1'dir. X₃ (dolambaçlılık faktörü) değişkeni için ortalama değer 1,77'dir. Bu değişkenin en yüksek değeri 3,43 ve en

düşük değeri ise 1,11'dir. En yüksek dolambaçlılık faktörüne sahip yol kodu 4380-027'dir. En düşük dolambaçlılık faktörüne sahip yol kodu ise 4380-018'dir. X_4 (kayıp orman) değişkeni için ortalama değer 15 hektardır. Bu değişkenin en yüksek değeri 43 hektar iken, en düşük değeri ise 4 hektardır. En fazla kayıp ormana sahip yol kodu 4380-015'tir. En az kayıp ormana sahip yolların kodları ise 4380-002, 4380-017, 4380-018 ve 4380-027 'dir.

Çıktı değişkenleri incelendiğinde ise, Y_1 (hizmet süresi) değişkeni için ortalama değer 287 gündür. Bu değişkenin en yüksek değeri 365 gün iken, en düşük değeri ise 200 gündür. En yüksek hizmet süresine sahip orman yollarının kodları 4380-001 ve 4380-003'tür. Bu yolların yılın tüm günü açık olduğu görülmektedir. En düşük hizmet süresine sahip yol kodu ise 4380-027-1'dir. Y_2 (kazı şevlerinin yeşillenme oranı) değişkeni için ortalama değer %57'dir. En yüksek yeşillenme oranı 93% iken, en düşük yeşillenme oranı ise 13%'tür. En yüksek yeşillenme oranına sahip yol kodu 4380-027'dir. En düşük yeşillenme oranına sahip yol kodu ise 4380-026'dır. Y_3 (mahalle nüfusu) değişkeni için ortalama değer 903 kişidir. En yüksek mahalle nüfusu 4797 kişi iken, en düşük mahalle nüfusu ise 126 kişidir. En yüksek mahalle nüfusuna sahip yol kodu 4380-007'dir. En düşük mahalle nüfusuna sahip orman yollarının kodları ise 4380-006 ve 4380-009'tür. Y_4 (estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım) değişkeni için ortalama değer 9,97 ha'dır. En yüksek estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım miktarı 76 ha.'dır. Estetik fonksiyonlu ormandan geçmeyen orman yolları 4380-009, 4380-010, 4380-011, 4380-012, 4380-013, 4380-014, 4380-015, 4380-016, 4380-017, 4380-018, 4380-0119, 4380-020, 4380-021, 4380-022, 4380-023, 4380-024, 4380-025, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027, 4380-027-1 ve 4380-028 kodlu orman yollarıdır. Bu yolların estetik fonksiyonlu ormanlardan geçişi 0,01 ha olarak alınmıştır. En yüksek estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım miktarına sahip yol kodu 4380-006'dır. Y_5 (ziraat-mera alanlarına ulaşım) değişkeni için ortalama değer 43,90 ha'dır. En yüksek ziraat-mera alanlarına ulaşım miktarı 161 ha.'dır. Ziraat ve mera alanlarından hiç geçmeyen orman yolları 4380-023, 4380-024, 4380-025, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027, 4380-027-1 ve 4380-028 kodlu orman yollarıdır. Bu yolların ziraat ve mera alanlarından geçişi de 0,01 ha olarak alınmıştır. En yüksek ziraat-mera alanlarına ulaşım miktarına sahip yol kodu 4380-001'dir.

Sosyal etkinlik senaryosunda girdi değişkenlerinin genel eğilimleri ve dağılımları üzerine çeşitli gözlemler yapılmıştır. Normal dağılım grafiği ile yapılan bu gözleme göre, X_1 (yol eğimi) ve Y_2 (kazı şevi yeşillenme oranı) değişkenleri normal dağılıma sahiptir. X_3 (dolambaçlılık faktörü) değişkeni daha dar bir aralık gösterirken, X_4 (kayıp orman) değişkeni daha geniş bir aralıkta dağılım göstermektedir.

Çıktı değişkenleri olan Y_1 (hizmet süresi), Y_2 (kazi şevlerinin yeşillenme oranı) ve Y_3 (mahalle nüfusu) değişkenleri genel olarak daha homojen bir dağılım göstermektedir. Y_4 (estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım) ve Y_5 (ziraat-mera alanlarına ulaşım) ise geniş bir aralıkta dağılıma sahiptir ve büyük varyasyonlar içermektedir.

3.3.2. Sosyal Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi

Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler ölçeklendirilmiş, kısıtlanmış ve normalizasyon uygulanmıştır. Daha sonra normalize veriler için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi

Değişkenle r	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	1								
X_2	-0,23	1							
X_3	0,31	0,05	1						
X_4	-0,29	0,97**	0,05	1					
Y_1	0,05	0,38*	0,16	0,28	1				
Y_2	0,01	0,32	0,18	0,26	0,49**	1			
Y_3	-0,13	0,58**	-0,05	0,45*	0,25	0,03	1		
Y_4	-0,19	-0,12	0,12	-0,13	0,18	0,15	-0,07	1	
Y_5	-0,13	0,84**	-0,05	0,71**	0,48**	0,43*	0,64**	-0,05	1

X_1 = Yol eğimi (%), X_2 = Yol uzunluğu (m), X_3 = Dolambaçlılık faktörü, X_4 = Kayıp orman (ha), Y_1 = Hizmet süresi (gün), Y_2 = Kazi şevlerinin yeşillenme oranı (%), Y_3 = Mahalle nüfusu (kişi), Y_4 = Estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım (ha), Y_5 = Ziraat-mera alanlarına ulaşım (ha)

* Korelasyon $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.
** Korelasyon $p < 0,01$ düzeyinde anlamlıdır.

Sosyal etkinlik senaryosunda kullanılan girdi değişkenlerinden X_2 yol uzunluğunu temsil etmektedir. Bu nedenle, Pearson korelasyon analizine göre sosyal senaryoyu oluşturan değişkenlerden yol uzunluğu ile kayıp orman alanı arasında güçlü pozitif ($r=0,97$) ve anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki, yol uzunluğu ile ziraat-mera alanları arasında güçlü pozitif ($r=0,84$) ve anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki ve yol uzunluğu ile mahalle nüfusu arasında orta düzeyde pozitif ($r=0,58$) ve anlamlı ($p < 0,01$) ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkilerin olmasının nedeninin; bölüm 2.2.9’da anlatılan ölçeklendirmenin (orman yollarının 1 km’lik bölümlendirilmesi) sosyal etkinlik senaryosunda kullanılmamasıdır. Yol uzunluğu ile ziraat-mera alanlarından geçiş, kayıp orman ve mahalle nüfusu arasında bir ilişki beklenmesi

normal olarak gözükmese bile, modelin genelgeçerliği açısından bakıldığında, yol uzunluğu değişkeni farklı bölgeler için bu şekilde olmayabilir. Özellikle dağınık yerleşimin olduğu alanlar da bu ilişkinin olmayabileceği düşünülmelidir.

Korelasyon matrisi incelendiğinde, X_4 (kayıp orman alanı) ile Y_y (ziraat-mera alanları) arasındaki güçlü pozitif korelasyon ($r=0,71$) dikkat çekmektedir. Değişkenlerin birbirleri ile üzerinde açıkladıkları varyans %50,1'dir. Bu durum, ziraat-mera alanlarından geçen orman yollarında kayıp orman alanı arasında güçlü bir ilişki olduğunu gösterir. yol uzunluğunun artmasıyla birlikte kayıp orman alanının da arttığını göstermektedir. Bu durum, tarım ve hayvancılıkla uğraşan insanların orman yollarını kullandığını ve ziraat ve mera faaliyetleri için alt yapı tesisi olarak kullanılabileceğini gösterebilir (Bayoğlu & Seçkin, 1982) Ayrıca, Y_1 (hizmet süresi) ile Y_5 (ziraat-mera alanları) arasındaki pozitif korelasyon ($r = 0.48$) ve anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki bulunmaktadır. Bu duruma bağlı olarak, tarım amaçlı olarak kullanılan orman yollarının hizmet sürelerinin daha fazla olacağı öngörülebilir.

3.3.3. Sosyal Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri

Çalışma kapsamında oluşturulan sosyal etkinlik analizi modelinde etkin ve etkin olmayan orman yollarının etkinlik skorları Tablo 29'te verilmiştir.

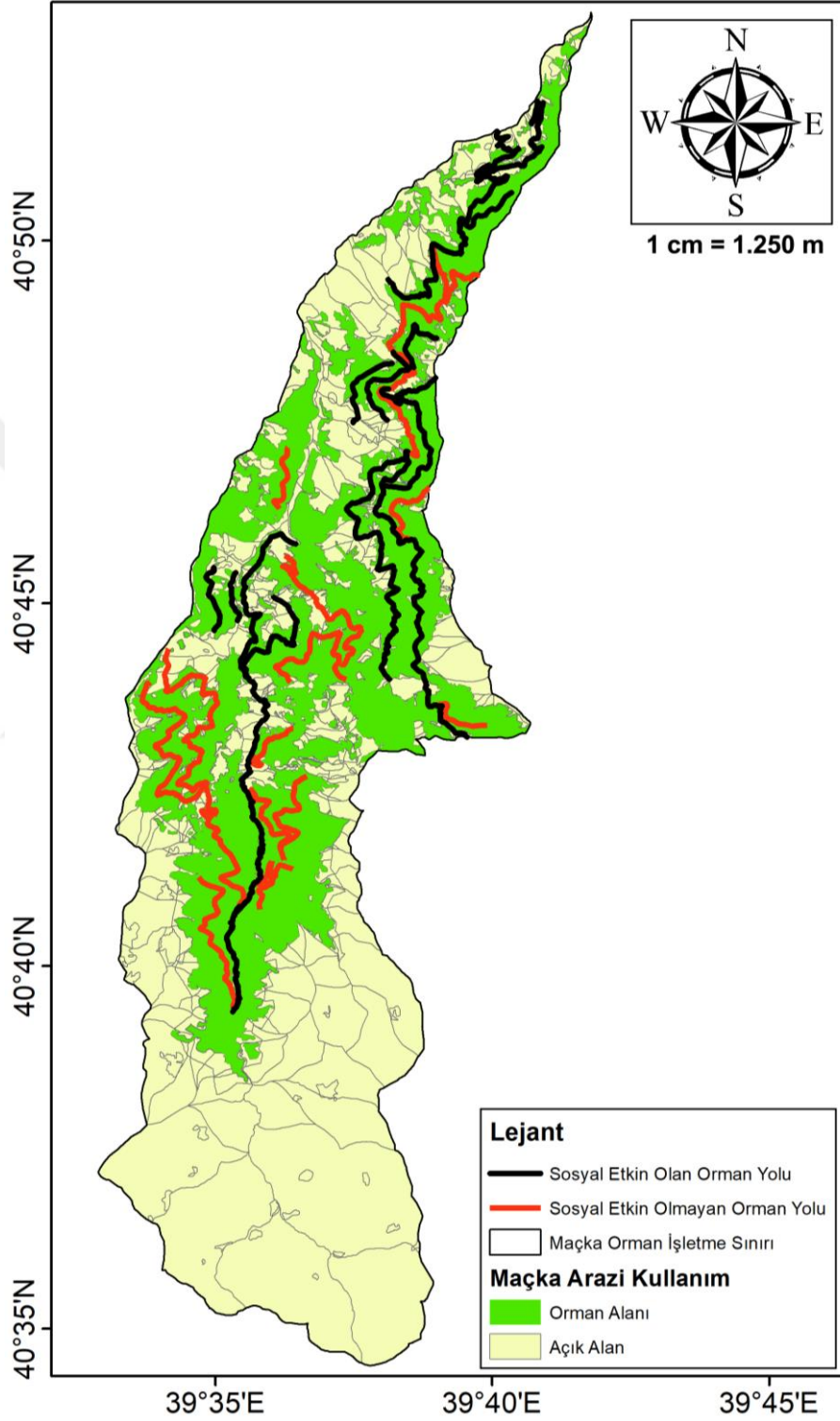
Tablo 29. Sosyal etkinlik senaryosunda etkinlik skorları

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru
4380-001	1	4380-011*	0,701	4380-021	0,838
4380-002	1	4380-012	1	4380-022*	0,623
4380-003	1	4380-013	1	4380-023*	0,782
4380-004	0,791	4380-014*	0,652	4380-024	0,913
4380-005	0,692	4380-015	1	4380-025	0,952
4380-006	1	4380-016	0,763	4380-025-1*	0,551
4380-007*	1	4380-017	1	4380-026*	0,316
4380-008	1	4380-018	1	4380-027	0,795
4380-009	1	4380-019	1	4380-027-1*	0,902
4380-010	1	4380-020*	0,566	4380-028*	0,597

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Tablo 29'da görüldüğü gibi ekonomik etkinlik senaryosunda 30 orman yolundan 14 orman yolu; 4380-001, 4380-002, 4380-003, 4380-006, 4380-07, 4380-008, 4380-009,

4380-010, 4380-012, 4380-013, 4380-015, 4380-017, 4380-018 ve 4380-019 etkin çıkmışlardır.



Şekil 45. Sosyal etkinlik senaryosu için etkinlik haritası

Yeni planlanan orman yollarından 4380-011, 4380-014, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025-1, 4380-026 ve 4380-027-1 kodlu orman yollarının etkin olmadığı görülmektedir. Etkinlik skorlarına bakıldığında, en az sosyal etkinlik skoruna sahip olan yol 4380-026 kodlu orman yoludur. Orman yollarının etkinlik skorlarına göre CBS ortamında haritalandırılması Şekil 45'te verilmiştir.

Tablo 30. Sosyal etkinlik senaryosunda referans düzeyleri

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Referans Alınan Orman Yolları ve Referans Düzeyleri				
4380-004	0,791	4380-007 (0.23905)	4380-008 (0.35015)	4380-009 (0.49943)	-	-
4380-005	0,692	4380-008 (0.61174)	4380-010 (0.16931)	4380-012 (0.15190)	4380-015 (0.07215)	4380-017 (0.15917)
4380-011*	0,701	4380-007 (0.11053)	4380-008 (0.08211)	4380-018 (0.65911)	-	-
4380-014*	0,652	4380-007 (0.06055)	4380-008 (0.10996)	4380-018 (0.83958)	-	-
4380-016	0,763	4380-008 (0.61946)	4380-015 (0.07705)	4380-017 (0.35950)	4380-018 (0.37711)	-
4380-020*	0,566	4380-007 (0.01980)	4380-008 (0.73539)	4380-018 (0.24811)	-	-
4380-021	0,838	4380-008 (0.92364)	4380-015 (0.27153)	4380-018 (0.10064)	-	-
4380-022*	0,623	4380-007 (0.06775)	4380-008 (0.94354)	-	-	-
4380-023*	0,782	4380-018 (1.00000)	-	-	-	-
4380-024	0,913	4380-003 (0.55494)	4380-007 (0.06452)	4380-009 (0.10131)	4380-017 (0.20471)	4380-018 (0.02484)
4380-025	0,952	4380-008 (0.64017)	4380-009 (0.54546)	-	-	-
4380-025-1*	0,551	4380-007 (0.01690)	4380-008 (0.39132)	4380-018 (0.42793)	-	-
4380-026*	0,316	4380-007 (0.04252)	4380-008 (0.20420)	4380-018 (0.42704)	-	-
4380-027	0,795	4380-003 (0.84759)	4380-007 (0.05827)	-	-	-
4380-027-1*	0,902	4380-007 (0.05625)	4380-018 (0.61979)	-	-	-
4380-028*	0,597	4380-008 (0.18675)	4380-015 (0.05164)	4380-018 (0.41796)	-	-

*OGM tarafından planlanan orman yolları

3.3.4. Sosyal Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri

Sosyal etkinlik senaryosuna göre referans düzeylerine göre 16 adet orman yolu etkin değildir. Bu orman yollarının 12 tanesinin referans aldığı orman yolu 4380-008 kodlu orman yoludur. 4380-005 ve 4380-024 kodlu orman yolları 5 adet etkin durumdaki orman yolunu referans olarak alırken, 4380-016 kodlu orman yolu 4 adet etkin durumdaki orman yolunu referans almıştır (Tablo 30).

Tablo 30'e göre 0,795 etkinlik skoruna sahip olan 4380-027 kodlu orman yoluna örnek olarak bakıldığında, 4380-027 kodlu orman yolu; 4380-003 ve 4380-0017 kodlu orman yollarını sırasıyla 0.84759 ve 0.05827 düzeyleri ile referans alması gerekmektedir.

Tablo 27'deki orman yollarının mevcut durumundan yol uzunluğu (X_2) ve hizmet süresi (Y_1) değişkenleri değerleri ile Tablo 30'daki referans düzeylerinden yararlanılarak, 4380-027 kodlu orman yolunun X_2 ve Y_1 değişkenlerine ait hedef değeri;

$$X_2 = [(2011,7) \times (0.84759) + (2280,8) \times (0.05827)] = 1838 \text{ metre}$$

$Y_1 = [(365) \times (0.84759) + (250) \times (0.05827)] = 324$ gün olarak hesaplanabilir. Değişim oranını temsil eden projeksiyon değerleri ise; X_2 için $\frac{[(1838-2312,4)] \times 100}{2312,4} = -\%20,52$ ve Y_1 için $\frac{[(324-250)] \times 100}{250} = +\%29,60$ olarak hesaplanmaktadır. Sosyal etkinlik senaryosuna göre 4380-027 kodlu orman yolunun tüm girdi ve çıktı değişkenleri yukarıdaki örneğe benzer şekilde hesaplanmıştır ve Tablo 31'de verilmiştir. Diğer 29 adet orman yolunun mevcut durum, hedef değer ve değişimi temsil eden projeksiyon oranları EK-5'te verilmiştir.

Tablo 31. 4380-027 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri

Değişkenler	Referans Gösterilen Orman Yolları		4380-027 Kodlu Orman Yolu		
	4380-003 (0.84759)	4380-007 (0.05827)	Mevcut Durum	Hedef Değer	Projeksiyon (%)
X_1	7,50	6,00	10,25	6,71	-34,54
X_2	2.011,7	2.280,8	2.312,4	1.838	-20,52
X_3	1,227	1,266	3,429	1,208	-64,77
X_4	8	5	9	7	-22,22
Y_1	365	250	250	324	29,60
Y_2	80,80	26,00	70,00	70,00	0,00
Y_3	246	4797	488	488	0,00
Y_4	8	6	1	6,90	590,00
Y_5	1	47	1	3,43	243,00

Tablo 31'e göre, 4380-027 kodlu orman yolunun sosyal senaryoya göre etkin duruma gelebilmesi için, yol eğimi değerini %34,54 azaltarak %6,71'e, yol uzunluğu değerini %20,52 azaltarak 1838 m.'e, dolambaçlılık faktörünü %64,77 azaltarak 1,208'e ve inşaat genişliği ile oluşan kayıp orman sahasını %22,22 azaltarak 7 ha'a indirilmesi gerekmektedir. Çıktı değişkenlerinde ise yolun etrafındaki nüfus miktarının ve kazı şevi yeşillenme oranının değişime uğramayacağı, ancak estetik amaçlı koruma ormanlarından ve ziraat mera alanlarından sırasıyla 6,90 ha. ve 3,43 ha. yararlanmaya sahip olacağı ortaya konmuştur. Orman yolunun hizmet süresi ise %29,60 oranında artarak 324 gün olacaktır.

3.3.5. Sosyal Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması

Sosyal senaryonun girdi ve çıktı değişkenlerine göre yapılan VZA sonuçları incelenmiştir. Orman yollarının bilinen olumsuz etkilerinden bir tanesi ormanlık alanlara negatif erişimi arttırmasıdır (Nagendra, Southworth, & Tucker, 2003; Walker, et al., 2013). Bu durum, orman yolu uzunluğu ile direkt ilişkilidir. Etkin olmayan orman yollarının uzunluğunun sosyal senaryoda etkin olabilmesi için ortalama %28,94 azaltılması gerekmektedir. Dolambaçlılık açısından da (%21,53 azaltılması) benzer bir durum söz konusudur. Özellikle dağlık alanlarda ulaşımın sağlanması amacıyla, yol uzunluğu ve dolambaçlılık faktörü benzer değişkenler olsa da yatay kurpların varlığı hem ulaşımı zorlaştırmakta hem de daha fazla alana nüfuz edilmesini sağlamaktadır. Orman yolu inşaatı sırasında gerçekleşen kayıp orman alanı miktarı, sosyal olarak etkin olmayan yolların etkin olabilmesi için %39,86 azaltılmalıdır. Ayrıca Peyrov vd. (2016), orman yolu inşaatından kaynaklanan yıllık orman kaybını belirlemek için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Bu çalışma, ağaç kaybının niceliğine ilişkin bilgiler sağlamıştır ve yaklaşık 10 km'lik bir yol için, 7,62 ha orman alanı kaybı oluşturduğunu vurgulamaktadır. Maçka OİŞ içindeki orman yollarının inşaat çalışmalarında, 10 km'lik bir yol için ortalama 32,35 ha kayıp orman sahası olduğu hesaplanmıştır. Bu farkın olmasının nedeni, Peyrov'un (2016) çalışmasında orman yolları inşaatı sırasında gerçekleşen çevre zararının vermiş olduğu tüm zararı incelemek yerine, yalnızca orman yolunun orman alanına uygunluğunun göz önüne alınması olabilir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında meşcere içerisinden geçen orman yollarının ne kadar bir alandan geçtiği konusuna odaklanılmıştır. Yolların eğimi açısından bakıldığında, etkin olmayan orman yollarının eğim değerinin %7,39'dan %4,88'e azaltılması gerekmektedir. Eğimi düşük orman yollarında sürüşün daha rahat gerçekleşeceği ve sosyal olarak kırsalda

yaşayan insanlara pozitif etkiler vereceği dikkate alınmalıdır. Yine aynı şekilde estetik koruma ormanlarına olan yakınlığına bakıldığında etkin olmayan orman yollarının büyük bir çoğunluğunun bu alanlardan çok az geçtiği görülmektedir. Bu durum, orman yollarının, görsel kalitesini azaltmaktadır. Bu yolların etkin olması durumunda, estetik koruma ormanlarına ulaşım yaklaşık %80 oranında artacaktır. Etkin olmayan orman yollarının etkin olması durumunda yaklaşık %50 oranında daha fazla ziraat ve mera alanına ulaşım sağlayabileceği, kapasite olarak %8,72 oranında daha fazla nüfusa etki edebileceği ortaya çıkmaktadır. Bu değişim oranları projeksiyon oranları hesap edilmektedir.

3.4. Teknik Etkinlik Senaryosuna İlişkin Bulgular

Teknik Fonksiyona bağlı olan teknik etkinlik senaryosunda bulguların incelenmesi dört başlıkta incelenmektedir. Bu başlıklar; kullanılan değişkenler, değişkenlerin istatistiksel analizi, etkinlik değerleri ve referans düzeyleri şeklindedir.

3.4.1. Teknik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenler

Teknik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler, arazi çalışmaları ve CBS modelleri sayesinde ortaya konmuştur. Kullanılan değişkenler Tablo 32’de verilmiştir.

Girdi değişkenleri incelendiğinde, X_1 (yol deformasyon yoğunluğu) değişkeni için ortalama değer 6106 adet/km² olarak belirlenmiştir. Bu değişkenin en yüksek değeri 16,909 adet/km² ile 4380-006 kodlu orman yoluna aittir, en düşük değeri ise 117 adet/km² ile 4380-022 kodlu orman yoluna aittir. X_2 (bakı puanı) değişkeni için ortalama değer 0,518 olarak tespit edilmiştir. En yüksek bakı puanı 0,891 ile 4380-023 kodlu orman yolu iken, en düşük bakı puanı ise 0,139 ile 4380-016 kodlu orman yoluna aittir. X_3 (platform genişliği) değişkeni için ortalama değer 4,4 metre olarak hesaplanmıştır. En geniş platform genişliği 5,0 metredir. 4380-007, 4380-011, 4380-014, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027-1 ve 4380-028 kodlu orman yolları en geniş platform genişliğine sahiptir. En dar platform genişliği ise 3,7 metredir ve 4380-003 kodlu orman yolu olarak tespit edilmiştir. X_4 (banket genişliği) değişkeninin ortalama değeri 0,4 metre olarak belirlenmiştir. En geniş banket genişliği 0,6 metre ile 4380-004 kodlu orman yolunda görülürken, en dar banket genişliği ise 0,2 metre ile 4380-008 ve 4380-025 kodlu orman yolları olarak tespit edilmiştir.

Tablo 32. Teknik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler

YOL KODU	GİRDİ						ÇIKTI		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
4380-001	4595	0,491	4,5	0,3	0,3	45	400	23	336,5
4380-002	1898	0,286	4,2	0,5	0,5	20	250	3	28,8
4380-003	8779	0,550	3,7	0,4	0,4	4	320	5	110,1
4380-004	4393	0,720	4,2	0,6	1,0	10	500	6	115,6
4380-005	10035	0,611	4,3	0,5	0,8	26	250	19	287,8
4380-006	16909	0,569	4,4	0,5	0,6	8	300	8	94,9
4380-007*	337	0,654	5,0	0,5	1,0	12	363	8	75,4
4380-008	16398	0,688	3,8	0,2	0,4	8	300	9	113,5
4380-009	8800	0,709	4,1	0,4	0,5	9	440	5	77,2
4380-010	7719	0,704	4,3	0,4	0,5	12	285	11	188,8
4380-011*	622	0,268	5,0	0,5	1,0	10	1670	3	104,5
4380-012	10759	0,698	3,9	0,3	0,4	44	570	24	335,2
4380-013	10206	0,791	4,1	0,4	0,5	38	650	33	449,0
4380-014*	942	0,678	5,0	0,5	1,0	13	360	9	118,4
4380-015	14907	0,580	4,8	0,4	0,5	145	720	41	500,7
4380-016	9399	0,139	4,1	0,5	0,4	54	700	13	199,0
4380-017	6960	0,242	4,3	0,4	0,5	8	500	5	78,8
4380-018	12280	0,150	3,8	0,3	0,4	6	277	4	48,2
4380-019	11963	0,659	4,0	0,3	0,3	32	570	11	130,2
4380-020*	380	0,422	5,0	0,5	1,0	23	440	14	203,0
4380-021	8729	0,267	4,1	0,4	0,4	64	510	21	282,4
4380-022*	117	0,252	5,0	0,5	1,0	34	510	18	270,7
4380-023*	1152	0,891	5,0	0,5	1,0	9	415	7	100,8
4380-024	2707	0,586	4,3	0,3	0,4	6	450	5	71,9
4380-025	1370	0,739	3,8	0,2	0,3	1	250	7	143,8
4380-025-1*	867	0,646	5,0	0,5	1,0	17	257	11	163,0
4380-026*	153	0,178	5,0	0,5	1,0	21	1000	11	183,4
4380-027	8019	0,646	3,9	0,4	0,4	6	270	4	101,6
4380-027-1*	1145	0,502	5,0	0,5	1,0	6	175	2	72,1
4380-028*	635	0,217	5,0	0,5	1,0	24	400	12	237,4
ORTALAMA	6106	0,518	4,4	0,4	0,7	24	470	12	174

X₁ = Yol deformasyon yoğunluğu (adet/km²), X₂ = Bakı puanı, X₃ = Platform genişliği (m), X₄ = Banket genişliği (m), X₅ = Hendek genişliği (m), X₆ = Karşılaşma noktaları (adet), Y₁ = Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y₂ = Bölmelere bağlantı sayısı (adet), Y₃ = İşletmeye Açılan Alan (ha) ve *OGM tarafından planlanan orman yolları

X₅ (hendek genişliği) değişkeni için ortalama değer 0,7 metredir. En geniş hendek genişliği 1,0 metredir. 4380-007, 4380-011, 4380-014, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025-1, 4380-026, 4380-027-1 ve 4380-028 kodlu orman yolları en geniş hendek genişliğine sahiptir. En dar hendek genişliği ise 0,3 metredir. 4380-001, 4380-019 ve 4380-

025 kodlu orman yolları en dar hendek genişliğine sahiptir. X_6 (karşılaşma noktaları) değişkeni için ortalama değer 24 adettir. En fazla karşılaşma noktasına sahip yol 4380-015 kodlu orman yoludur ve bu yolda 145 karşılaşma noktası bulunmuştur. En az karşılaşma noktasına sahip yol ise 4380-025 kodlu orman yoludur ve bu yolda 1 karşılaşma noktası bulunmaktadır.

Çıktı değişkenleri incelendiğinde ise, Y_1 (ortalama yol aralık mesafesi) değişkeni 470 metredir. En uzun yol aralık mesafesi 1670 metre ile 4380-011 kodlu orman yolu olarak gözlemlenirken, en kısa yol aralık mesafesi ise 175 metre ile 4380-027-1 kodlu orman yolu olarak tespit edilmiştir. Y_2 (bölmelere bağlantı sayısı) değişkeni için ortalama değer 12'dir. En fazla bağlantı sayısına sahip yol 4380-015 kodlu orman yoludur ve bu yol 41 bağlantıya sahiptir. En az bağlantı sayısına sahip yol ise 4380-027-1 kodlu orman yoludur ve bu yol 2 bağlantıya sahiptir. Y_3 (işletmeye açılan alan) değişkeni için ortalama değer 174 hektardır. En büyük işletmeye açılan alan 500,7 hektar ile 4380-015 kodlu orman yolu olarak gözlemlenirken, en az işletmeye açılan alan ise 28,8 hektar ile 4380-002 kodlu orman yoludur.

Teknik etkinlik senaryosunda girdi değişkenlerinin genel eğilimleri ve dağılımları üzerine çeşitli gözlemler yapılmıştır. Normal dağılım grafiği ile yapılan bu gözleme göre, girdi değişkenlerinden X_1 (yol deformasyon yoğunluğu), X_2 (bakı puanı) ve X_3 (platform genişliği) değişkenlerinin orta düzeyde bir dağılım sergilediği görülmektedir. Ancak, X_4 (banket genişliği) ve X_5 (hendek genişliği) değişkenlerinde daha belirgin farklılıklar gözlemlenmektedir. Örneğin, X_5 değişkenindeki minimum ve maksimum değerler arasında büyük bir fark bulunmaktadır, bu dağılımın geniş olduğunu göstermektedir. X_6 (karşılaşma noktaları) değişkeni ise geniş bir aralıkta dağılıma sahip olup, büyük varyasyonlar içermektedir. Y_1 (ortalama yol aralık mesafesi), Y_2 (bölmelere bağlantı sayısı) ve Y_3 (işletmeye açılan alan) değişkenlerinin genel olarak daha homojen bir dağılım gösterdiği gözlenmektedir.

3.4.2. Teknik Etkinlik Senaryosunda Kullanılan Değişkenlerin İstatistiksel Analizi

Teknik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenler ölçeklendirilmiş, kısıtlanmış ve normalizasyon uygulanmıştır. Daha sonra normalize veriler için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 33'te verilmiştir.

Tablo 33. Teknik etkinlik senaryosunda kullanılan değişkenlerin pearson korelasyon analizi

Değişkenler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
X ₁	1								
X ₂	0,16	1							
X ₃	0,64**	0,16	1						
X ₄	0,43*	0,27	0,70**	1					
X ₅	0,65**	0,08	0,85**	0,73**	1				
X ₆	0,06	-0,41*	-0,32	-0,40*	-0,10	1			
Y ₁	0,17	0,24	0,24	0,21	0,24	-0,02	1		
Y ₂	0,15	0,31	-0,26	-0,15	-0,25	0,03	0,28	1	
Y ₃	-0,24	0,15	-0,36*	-0,28	-0,47**	-0,25	-0,28	0,36	1

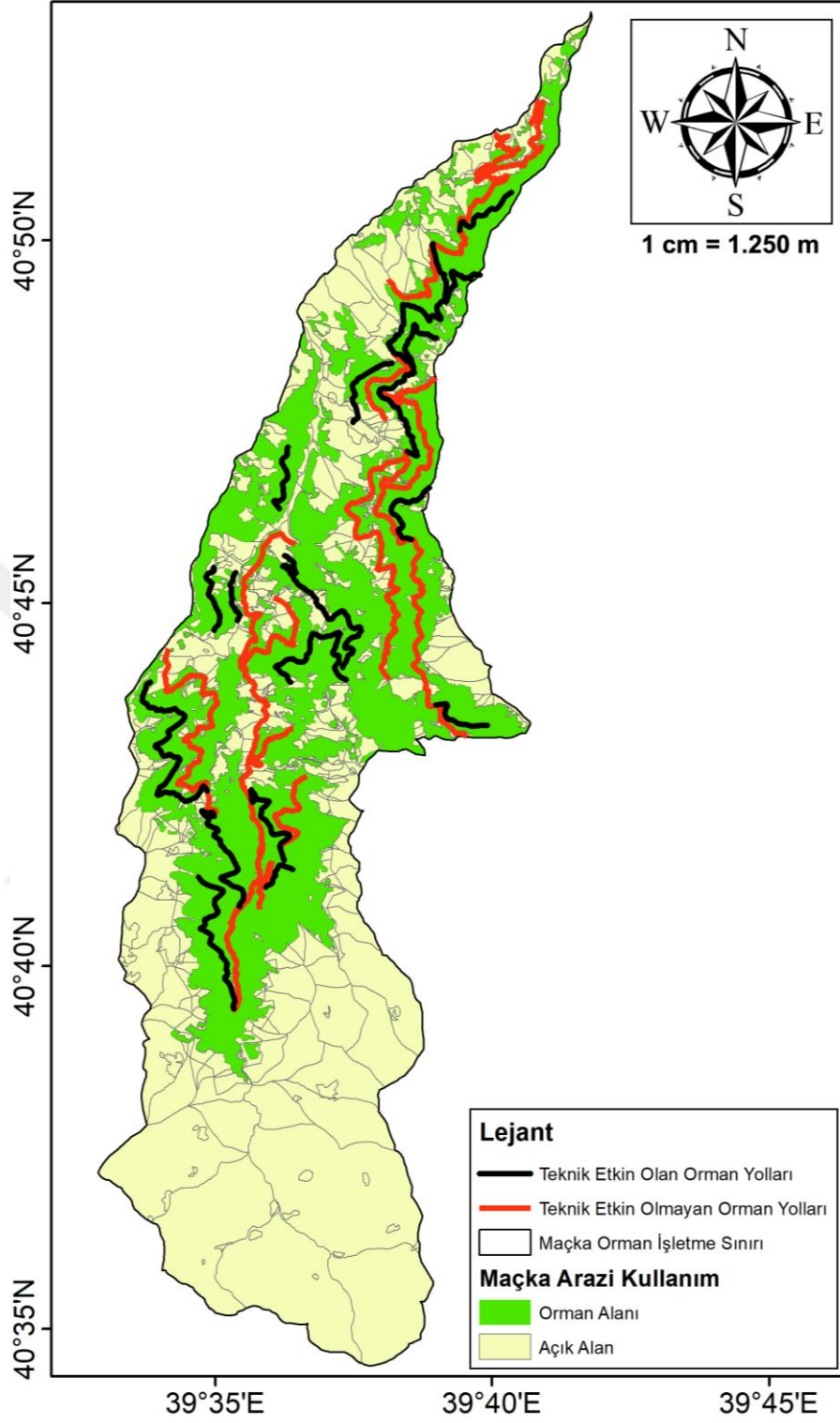
X₁ = Yol deformasyon yoğunluğu (adet/km²), X₂ = Bakı puanı, X₃ = Platform genişliği (m), X₄ = Banket genişliği (m), X₅ = Hendek genişliği (m), X₆ = Karşılaşma noktaları (adet), Y₁ = Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y₂ = Bölmelere bağlantı sayısı (adet), Y₃ = İşletmeye Açılan Alan (ha)

* Korelasyon p<0,05 düzeyinde anlamlıdır.

** Korelasyon p<0,01 düzeyinde anlamlıdır.

Pearson korelasyon analizine göre teknik senaryoyu oluşturan değişkenlerden yol deformasyon yoğunluğu ile platform genişliği arasında orta düzeyde pozitif ($r=0,64$) ve anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu, yine yol deformasyon yoğunluğu ile hendek genişliği arasında orta düzeyde ($r=0,65$) ve anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu görülmektedir. Yine yol deformasyon yoğunluğu ile banket genişliği arasında orta düzeyde ($r=0,43$) ve anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki bulunduğu görülmektedir.

Platform genişliği, hendek genişliği ve banket genişliği değerleri arttıkça, yolun etkilediği yüzeysel alan arttığı için, yolda daha fazla deformasyon alanının artacağı gayet muhkem bir durumdur. Diğer yandan, platform, banket ve hendek genişlikleri kendi aralarında anlamlı ve pozitif ilişkiler kurmaktadır. Platform genişliği ile banket genişliği arasında güçlü pozitif ($r=0,70$) ve anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu ve platform genişliği ile hendek genişliği arasında güçlü pozitif ($r=0,85$) ve anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Platform genişliği, banket ve hendeklerin hemen yanında olan alanlar olduğu için bu beklenen bir durumdur.



Şekil 46. Teknik etkinlik senaryosu için etkinlik haritası

3.4.3. Teknik Etkinlik Senaryosunda Etkinlik Değeri

Çalışma kapsamında oluşturulan teknik etkinlik analizi modelinde etkin ve etkin olmayan orman yollarının etkinlik skorları Tablo 34’te verilmiştir.

Tablo 34. Teknik etkinlik senaryosunda etkinlik skorları

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Yol Kodu	Etkinlik Skoru
4380-001	0,957	4380-011*	1	4380-021	0,803
4380-002	0,793	4380-012	0,666	4380-022*	1
4380-003	1	4380-013	0,857	4380-023*	1
4380-004	1	4380-014*	1	4380-024	0,986
4380-005	1	4380-015	0,454	4380-025	1
4380-006	1	4380-016	1	4380-025-1*	0,950
4380-007*	1	4380-017	1	4380-026*	1
4380-008	0,889	4380-018	1	4380-027	0,860
4380-009	0,855	4380-019	0,505	4380-027-1*	1
4380-010	0,912	4380-020*	1	4380-028*	1

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Tablo 34’te görüldüğü gibi teknik etkinlik senaryosunda 30 orman yolundan 17 orman yolu; 4380-003, 4380-004, 4380-005, 4380-06, 4380-007, 4380-011, 4380-014, 4380-016, 4380-017, 4380-018, 4380-020, 4380-022, 4380-023, 4380-025, 4380-026, 4380-027-1 ve 4380-028 etkin çıkmışlardır. Yeni planlanan orman yollarından 4380-025-1 kodlu orman yolunun etkin olmadığı görülmektedir. Etkinlik skorlarına bakıldığında, en az teknik etkinlik skoruna sahip olan orman yolu 4380-015 kodlu orman yoludur. Orman yollarının etkinlik skorlarına göre CBS ortamında haritalandırılması Şekil 46’te verilmiştir.

3.4.4. Teknik Etkinlik Senaryosunda Referans Düzeyleri

Teknik etkinlik senaryosuna göre referans düzeylerine göre 13 adet orman yolu etkin değildir. Etkin olmayan orman yollarının en fazla referans aldığı orman yolu 4380-022 kodlu orman yoludur. 4380-010 kodlu orman yolu 5 adet etkin durumdaki orman yolunu referans alırken, 4380-012, 4380-013 ve 4380-027 kodlu orman yolları 4 adet etkin durumdaki orman yolunu referans olarak almaktadır. 4380-008, 4380-009, 4380-015, 4380-019, 4380-021 ve 4380-025-1 kodlu orman yolları 3 adet etkin durumdaki orman yolunu referans almıştır (Tablo 35).

Tablo 35. Teknik etkinlik senaryosunda referans düzeyleri

Yol Kodu	Etkinlik Skoru	Referans Alınan Orman Yolları ve Referans Düzeyleri				
4380-001	0,957	4380-022 (0.60625)	4380-025 (0.39864)	-	-	-
4380-002	0,793	4380-022 (0.79311)	-	-	-	-
4380-008	0,889	4380-006 (0.44985)	4380-017 (0.08110)	4380-022 (0.02343)	-	-
4380-009	0,855	4380-003 (0.22462)	4380-004 (0.28865)	4380-005 (0.37728)	-	-
4380-010	0,912	4380-003 (0.31731)	4380-004 (0.04055)	4380-006 (0.01391)	4380-023 (0.31193)	4380-025 (0.18478)
4380-012	0,666	4380-003 (0.08602)	4380-006 (0.02201)	4380-017 (0.18171)	4380-025 (0.35476)	-
4380-013	0,857	4380-003 (0.21462)	4380-004 (0.13452)	4380-006 (0.30231)	4380-025 (0.16919)	-
4380-015	0,454	4380-006 (0.04121)	4380-022 (0.72326)	4380-023 (0.01878)	-	-
4380-019	0,505	4380-006 (0.19394)	4380-017 (0.38003)	4380-022 (0.36060)	-	-
4380-021	0,803	4380-016 (0.07322)	4380-018 (0.40164)	4380-028 (0.66227)	-	-
4380-024	0,986	4380-022 (0.50930)	4380-025 (0.57522)	-	-	-
4380-025-1*	0,950	4380-020 (0.05305)	4380-023 (0.60268)	4380-026 (0.25143)	-	-
4380-027	0,860	4380-003 (0.55987)	4380-004 (0.24548)	4380-022 (0.01357)	4380-025 (0.01825)	-

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Tablo 35'e göre 0,889 etkinlik skoruna sahip olan 4380-008 kodlu orman yoluna örnek olarak bakıldığında, 4380-008 kodlu orman yolu; 4380-006, 4380-017 ve 4380-022 kodlu orman yollarını sırasıyla 0,44985, 0,08110 ve 0,02343 düzeyleri ile referans alması gerekmektedir.

Tablo 32'deki orman yollarının mevcut durumundan yol deformasyon yoğunluğu (X_1) ve bakı puanı (X_2) değişkenleri değerleri ile Tablo 35'daki referans düzeylerinden yararlanılarak, 4380-008 kodlu orman yolunun X_1 ve X_2 değişkenlerine ait hedef değeri;

$$X_1 = [(16909) \times (0,44985) + (6960) \times (0,08110) + (117) \times (0,02343)] = 8787 \text{ adet/km}^2$$

$$X_2 = [(0,569) \times (0,44985) + (0,242) \times (0,08110) + (0,252) \times (0,02343)] = 0,612 \text{ olarak}$$

hesaplanabilir. Değişim oranını temsil eden projeksiyon değerleri ise; X_1 için

$$\frac{[(8787-16398)] \times 100}{16398} = - \%46,42 \text{ ve } X_2 \text{ için } \frac{[(0,612-0,688)] \times 100}{0,688} = - \%11,06 \text{ olarak}$$

hesaplanmaktadır. Teknik etkinlik senaryosuna göre 4380-008 kodlu orman yolunun tüm girdi ve çıktı değişkenleri yukarıdaki örneğe benzer şekilde hesaplanmıştır ve Tablo 36'da verilmiştir. Diğer 29 adet orman yolunun mevcut durum, hedef değer ve değişimi temsil eden projeksiyon oranları EK-6'da verilmiştir.

Tablo 36. 4380-008 kodlu orman yolunun hedef değerler ve değişim yüzdeleri

Değişkenler	Referans Gösterilen Orman Yolları			4380-08 Kodlu Orman Yolu		
	4380-006 (0.44985)	4380-017 (0.08110)	4380-022 (0.02343)	Mevcut Durum	Hedef Değer	Projeksiyon (%)
X ₁	16909	6960	117	16398	8787	-46,42
X ₂	0,569	0,242	0,252	0,688	0,612	-11,06
X ₃	4,4	4,3	5,0	3,8	3,8	0,00
X ₄	0,5	0,4	0,5	0,2	0,2	0,00
X ₅	0,6	0,5	1,0	0,4	0,4	0,00
X ₆	8	8	34	8	7	-11,06
Y ₁	300	500	510	300	300	0,00
Y ₂	8	5	18	9	9	0,00
Y ₃	94,9	78,8	270,7	113,5	134,3	18,33

Tablo 36'e göre, 4380-008 kodlu orman yolunun teknik senaryoya göre etkin duruma gelebilmesi için, yol boyunca oluşan deformasyon yoğunluğunu %46,42 oranında azaltarak 8787 adet/km² 'ye, bakı puanını %11,06 azaltarak 0,612 değerine, karşılaşma noktalarını %11,06 azaltarak 7 adete indirilmesi gerekmektedir. Platform genişliği, banket genişliği ve hendek genişliğinde ise herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek bulunmamaktadır. Bu değerlerin azaltılması ile yolun teknik olarak 292 sayılı tebliğe uygun olarak geometrik standartlara bağlı olarak negatif etkilerin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

4380-008 kodlu orman yolunun teknik senaryoya göre etkin durumda olduğu durumda çıktı değişkenlerinin değişim oranları artacaktır. Çıktı değişkenlerinde ise işletmeye açılan alan %18,33 artarak 134,3 ha. olacağı ortaya konmuştur.

3.4.5. Teknik Etkinlik Senaryosuna Ait Bulguların Tartışılması

Teknik senaryonun girdi ve çıktı değişkenlerine göre yapılan VZA sonuçları incelenmiştir. Bu senaryodaki değişkenler, geleneksel yol yapımında kullanılan değişkenlerdir. Türkiye’de orman yollarının yapımı ve bakımı, 292 sayılı tebliğe (OGM292, 2008) uygun olarak yapılmaktadır. Tebliğ’in ana şemasına bakıldığında, bu senaryodaki değişkenler ile arasındaki uyum göze çarpmaktadır. Türkiye’de orman yolları tasarımında geometrik standartlar Tablo 4’te verilmiştir. Orman yollarının etkin durumda olabilmesi için, yol yüzeyinde oluşan deformasyonların %51,52 azaltılması gerekmektedir. Bu durum orman yollarının tamiri ve bakımı ile mümkündür. Acar (2005) çalışmasında, orman yolu yapımında platform, banket ve hendeklerin materyali olan toprak yapısında etüt aşamasında sismik, elektriksel öz direnç ve radar teknikleri gibi doğru ve güvenilir jeofizik yöntemlerin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Bu yöntemler, çevresel etkiyi en aza indiren ve uzun vadeli stabiliteyi sağlayan yol elemanlarının tasarlanması için hayati önem taşıyan toprak özelliklerine ilişkin değerli bilgiler sağlayabilir. Etkin olmayan orman yollarının ortalama platform uzunluğu 4,22 m., ortalama banket uzunluğu 0,37 m. ve ortalama hendek genişliği 0,46 m.’dir. Teknik senaryo içerisinde bu 3 değişken için herhangi bir iyileştirme olmasına gerek olmadığı görülmektedir. Bu değerler de geometrik standartlara uygundur. Ancak hendek genişliğinin geometrik standartlardaki 1 m’den uzak olmasının nedeninin, tebliğ’e (OGM292, 2008) uygun olarak “%75’den yukarı eğimlerde 0,5 m hendek genişliği kullanılır.” ibaresinin neden olduğu düşünülmektedir. İnşaat ve emniyet güvenliği açısından, heyelan akma ve göçükler ile ağaçların yola olan yakınlığı önemli bir değişkendir. Heyelanların ve göçüklerin yol güvenliği üzerindeki etkileri, bu afetlerin neden olduğu yol hasarları, trafik akışını engellemesi ve can kayıplarına neden olması gibi faktörlerle ilişkilidir (Erdaş, 1997). Ağaç köklerinin yol altındaki tabakayı etkilemesi, ağaç dallarının yol üzerine sarkması ve yaprak dökümü sonucu oluşan kaygan zemin gibi durumlar, ağaçların yola olan yakınlığının yol güvenliği üzerindeki etkilerini göstermektedir. Ayrıca, ağaçların yol kenarında bulunması durumunda, ağaç devrilmesi sonucu yolun kapanması ve trafik akışının engellenmesi gibi durumlar da göz önünde bulundurulmalıdır (Spellerberg, 1998). Çıktılara bakıldığında ise etkin olmayan orman yollarının etkin olması durumunda, orman yollarının bölmelere bağlantısının 15 adet bölmeden, 17 adet bölmeye çıkabileceği, Ayrıca işletmeye açılan alan miktarı %38,01 artacaktır.

Yeni planlanan orman yollarından 4380-025-1 kodlu orman yolunun yolun sırttan başlayıp vadiye indiği ve yeniden sırta tırmandığı böylece çok fazla bakı değişikliğine uğradığı ve karşılaşma noktasının yeterli miktarda olmadığı görülmektedir. Yeni planlanan bu yolların plan aşamasında yeniden gözden geçirilmesi, özellikle bakı etkisinin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

3.5. Tüm Senaryolara Ait Skorlara İlişkin Bulgular ve Tartışma

Çalışmada tüm orman yollarının etkinlik skorlarının birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla bir özet tablo oluşturulmuştur (Tablo 37).

Bu özet tabloda orman yollarının senaryolarına uygun olarak ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryo şeklinde 4 ana kategoriye ayrılmıştır. Her kategorinin alt kısmında ise etkinlik skorları, referans verilen sayısı ve referans alınan sayısı ortaya konmuştur. Yolların her senaryo için etkinlik skorlarının genel görünümü de belirlenmiştir.

Tablo 37'e göre, VZA sonucunda, 30 adet orman yolundan, ekolojik senaryoda 24 adet, ekonomik senaryoda 22 adet, sosyal senaryoda 14 adet ve teknik senaryoda 17 adet orman yolu etkin olarak bulunmuştur. Dört farklı senaryoda diğerlerine göre etkin durumda çıkan yalnızca 5 adet yol (4380-003, 4380-006, 4380-007, 4380-017 ve 4380-018) bulunurken, tüm senaryolarda hiç etkin çıkmayan orman yolu bulunmamaktadır. Yalnızca 3 adet orman yolu (4380-013, 4380-21 ve 4380-27) 1 adet senaryoda etkin olarak bulunmaktadır. Ekolojik senaryoda toplam 50 adet referans alınan ve referans verilen yol, ekonomik senaryoda toplam 64 adet referans alınan ve referans verilen yol, sosyal senaryoda toplam 94 adet referans alınan ve referans verilen yol ve teknik senaryoda ise toplam 79 adet referans alınan ve referans verilen yol bulunmaktadır.

Yeni planlanan 10 adet orman yoluna ait girdi ve çıktı değişkenlerinin de bulunması ile fonksiyonel duruma bağlı olarak, 4380-007 kodlu orman yolu tüm senaryolarda etkin durumdadır. Bu orman yolu aynı zamanda tüm senaryolarda toplam 17 adet yola referans olmuştur. Planlanan bu orman yolu tüm senaryolar içinde en fazla referans alınan orman yoludur. Bu orman yolu genel itibarıyla, iki mahalleyi birbirine bağlayan, yamaç yolu şeklinde, orman alanının içerisinden geçen, üretimin yoğun olarak görüldüğü bir orman yoludur. Ekolojik açıdan bakıldığında orman yolunun diğer yollara göre, akarsu yataklarından daha uzak olduğu ve drenaj problemlerini ortadan kaldırdığı görülmektedir. Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, 8 adet bölmeye uğradığı ve bu bölmelere ait

meşcerelerden yeterli miktarda emval üretimi sağladığı görülmektedir. Alan uzunluk oranı ile bakıldığında ve ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım kriterlerine bakıldığında, yol inşa faaliyetlerinin amortismanını sağlayacağı düşünülmelidir. Sosyal açıdan bakıldığında, yol ormanlık alanın içerisinden geçtiği gibi, iki mahalleyi birbirine bağlamaktadır. Yolun eğimi %6 ile standartlara (OGM292, 2008) uymaktadır. Teknik açıdan değerlendirildiğinde ise ortalama yol aralık mesafesinin 363 metre olduğu görülmektedir. Bu yol aralık mesafesi birçok bölmeden çıkarma tekniğinin uygulanabileceği bir aralıktır. Bölmeden çıkarma yöntemleri tercih edilirken bir diğer önemli kriter olan ortalama yamaç eğimi değeri ise %55'tir. Bu durumda bu yol üzerinde makine ağırlıklı olarak bölmeden çıkarma yöntemleri için tercih edilebilir. Etkinlik skorları tüm senaryolar için değerlendirildikten sonra, tüm senaryoların birbirleri arasında da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ekolojik etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 24 adet orman yolunun, %29,1'inin (7 adet) ekonomik etkinlik senaryosunda, %45,8'inin (11 adet) sosyal etkinlik senaryosunda ve %45,8'inin (11 adet) teknik etkinlik senaryosunda etkin olmadığı görülmektedir. Ekolojik etkinlik senaryosunda etkin olan ancak sosyal etkinlik senaryosunda etkin olmayan yolların, yükselti arttıkça ve insan dokunuşundan uzaklaştıkça etkinlik skorunun tamamlanamadığı görülmektedir. Bu durum beklenen bir durumdur. Çünkü ekolojik olarak optimal olarak planlanan ve inşa edilen bu yollar sosyaliteden gittikçe uzaklaşmaktadır. Ekolojik etkinlik senaryosunda etkin olan ancak ekonomik etkinlik ve teknik etkinlik senaryosunda etkin olmayan yollar incelendiğinde, bu yolların ekonomik olarak etkin olduğu yerde teknik olarak da etkin olduğu, teknik olarak etkin olmadığı yerlerde ise ekonomik olarak etkin olmadığı görülmektedir. Bu durum, ekolojik senaryoda etkin olan yolların amortisman değerlerini karşılama ve 292 sayılı tebliğe uygun inşa edildiğini göstermektedir. Diğer yandan, ekolojik etkin olmayan yolların ise, genel itibarıyla ekonomik etkinlik ve teknik etkinlik skorlarında etkin olmadığı görülmektedir. Bu durum yolların inşasında ve planlanmasında ekolojik senaryoya uygun olarak planlanmadığını göstermektedir. Ekolojik olarak yanlış tasarıma sahip bu yollara bakıldığında, çok fazla bakı değişikliğine uğradığı ve genel olarak yalnızca mahalle bağlantısı için kullanıldığı görülmektedir. Yalnızca bu durum bile orman yollarının daha planlama aşamasında hangi fonksiyona uygun planlanması gerektiğinin göz önüne alınması gerektiğini göstermektedir.

Ekonomik etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 22 adet orman yolunun, %22,7'inin (5 adet) ekolojik etkinlik senaryosunda, %63,6'sının (14 adet) sosyal etkinlik senaryosunda ve %27,2'sinin (6 adet) teknik etkinlik senaryosunda etkin olmadığı

görülmektedir. Ekolojik etkinlik senaryosunda olduğu gibi, ekonomik etkinlik senaryosunda etkin olan yolların en fazla etkin olmadığı senaryo sosyal etkinlik senaryosudur. Bu durum yukarıda açıklanmıştır. Ancak teknik etkinlik senaryosunda etkin olan 6 adet yolun teknik olarak etkin olmadığı görülmüş, bu yolların amortisman olarak kendilerini karşılayabilecek durumda olmamasına rağmen planlandıkları veya inşa edildiklerini göstermektedir. Bu yollar 4380-001, 4380-009, 4380-010, 4380-021, 4380-024 ve 4380-025-1 kodlu orman yollarıdır. Bu yolların hedef değerlerine bakıldığında, özellikle bakı değişimlerinin çok fazla yaşandığı, istenen güneyli bakılar yerine, kuzeyli bakılardan çok fazla geçtiği görülmektedir. Ayrıca bu yollarda karşılaşma noktalarının eksikliği göze çarpmaktadır. Tasarım açısından bir problemi olmayan bu yollar (platform genişliği, banket genişliği, hendek genişliği vb.), ormanların işletmeye açılması konusunda ise yeterli başarıyı sağlayamamaktadırlar. Bu nedenle amortisman olarak kendilerini sağlasalar bile teknik açıdan yeterli etkinlik skoruna ulaşamamışlardır.

Sosyal etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 14 adet orman yolunun, %7,1'inin (1 adet) ekolojik etkinlik senaryosunda, %42,9'unun (6 adet) ekonomik etkinlik senaryosunda ve %64,2'sinin (9 adet) teknik etkinlik senaryosunda etkin olmadığı görülmektedir. Sosyal senaryoda etkin olan yolların neredeyse ekolojik senaryoya uygun olarak planlandığı veya inşa edildiği söylenebilir. Ancak sosyal olarak etkin olan bu yolların özellikle yükseldikçe ormanlık alanların daha fazla olması ve yamaç eğiminin gittikçe artması nedeniyle, teknik olarak inşa edildiğinin zorlaştığı net bir şekilde görülmektedir. Orman yollarının fonksiyonel tasarımında en fazla etkin olmayan yolun olduğu senaryo sosyal etkinlik senaryosudur. Orman yollarının planlanması ve inşasında, sosyal yönden kazanımların ne kadar az olduğu burada net bir şekilde görülmektedir.

Teknik etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 17 adet orman yolunun, %23,5'inin (4 adet) ekolojik etkinlik senaryosunda, %5,8'inin (1 adet) ekonomik etkinlik senaryosunda ve %70,5'inin (12 adet) sosyal etkinlik senaryosunda etkin olmadığı görülmektedir. Teknik olarak etkin olan orman yolları, ekonomik etkinlik senaryosunda da görüldüğü üzere uyum içerisinde. Teknik olarak etkin olan orman yolları, yine en fazla sosyal senaryoda en düşük etkinlik skorlarını almıştır.

Tablo 37. Toplam VZA skorları ve referans değerleri

Yol Kodu	Ekolojik Senaryo Etkinlik			Ekonomik Senaryo Etkinlik			Sosyal Senaryo Etkinlik			Teknik Senaryo Etkinlik			Toplam		
	Etkinlik Skoru	Refer. Verilen	Refer. Alınan	Etkinlik Skoru	Refer. Verilen	Refer. Alınan	Etkinlik Skoru	Refer. Verilen	Refer. Alınan	Etkinlik Skoru	Refer. Verilen	Refer. Alınan	Etkin Yol	Refer. Verilen	Refer. Alınan
4380-001	1	-	-	1	-	-	1	-	-	0,957	-	2	3	0	2
4380-002	1	3	-	0,959	-	4	1	-	-	0,793	-	1	2	3	5
4380-003	1	2	-	1	2	-	1	2	-	1	5	-	4	11	0
4380-004	1	-	-	1	8	-	0,791	-	3	1	4	-	3	12	3
4380-005	1	-	-	0,829	-	4	0,692	-	5	1	1	-	2	1	9
4380-006	1	5	-	1	-	-	1	-	-	1	6	-	4	11	0
4380-007*	1	2	-	1	5	-	1	10	-	1	-	-	4	17	0
4380-008	1	1	-	0,744	-	4	1	12	-	0,889	-	3	2	13	7
4380-009	1	-	-	1	-	-	1	3	-	0,855	-	3	3	3	3
4380-010	1	1	-	1	-	-	1	1	-	0,912	-	4	3	2	4
4380-011*	0,704	-	5	1	1	-	0,701	-	3	1	-	-	2	1	8
4380-012	1	1	-	0,818	-	4	1	1	-	0,666	-	4	2	2	8
4380-013	0,844	-	5	0,824	-	4	1	-	-	0,857	-	4	1	0	13
4380-014*	1	-	-	1	-	-	0,652	-	3	1	-	-	3	0	3
4380-015	1	-	-	0,778	-	3	1	4	-	0,454	-	3	2	4	6
4380-016	1	1	-	1	-	-	0,763	-	4	1	1	-	3	2	4
4380-017	1	1	-	1	8	-	1	3	-	1	3	-	4	15	0
4380-018	1	4	-	1	-	-	1	11	-	1	1	-	4	16	0
4380-019	1	1	-	0,872	-	3	1	-	-	0,505	-	3	2	1	6
4380-020*	1	-	-	1	-	-	0,566	-	3	1	1	-	3	1	3
4380-021	0,791	-	4	1	-	-	0,838	-	3	0,803	-	3	1	0	10
4380-022*	1	1	-	1	1	-	0,623	-	2	1	7	-	3	9	2
4380-023*	0,933	-	2	1	3	-	0,782	-	1	1	3	-	2	6	3
4380-024	1	1	-	1	2	-	0,913	-	5	0,986	-	2	2	3	7
4380-025	0,915	-	5	1	-	-	0,952	-	2	1	6	-	2	6	7
4380-025-1*	1	-	-	1	-	-	0,551	-	3	0,950	-	3	2	0	6
4380-026*	1	1	-	1	-	-	0,316	-	3	1	1	-	3	2	3
4380-027	1	-	-	0,733	-	6	0,795	-	2	0,860	-	4	1	0	12
4380-027-1*	0,622	-	4	1	2	-	0,902	-	2	1	-	-	2	2	6
4380-028*	1	-	-	1	-	-	0,597	-	3	1	1	-	3	1	3
Top. Etkin	24			22			14			17			77		
Top. Ref.	50			64			94			79			153		

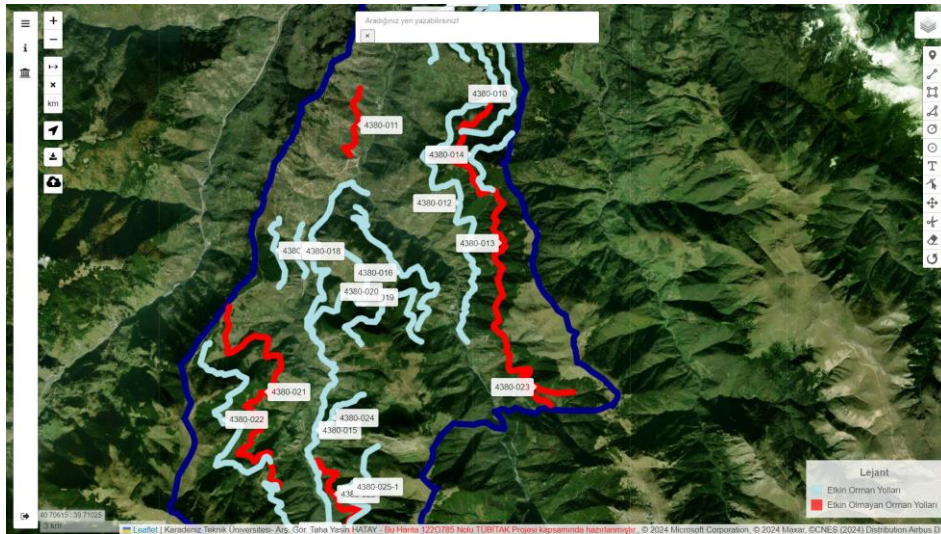
* OGM tarafından planlanan orman yolları

Teknik olarak etkin olan orman yollarının ekolojik olarak etkin olmayan 4 adet yol incelendiğinde, 4380-011, 4380-023, 4380-025 ve 4380-027-1 kodlu orman yolları olduğu görülmektedir. Bu orman yollarının kayıp orman alanlarının çok fazla olduğu ve şev-heyelan alanının çok fazla olduğu tespit edilmektedir. Teknik açıdan bu yolların tamir ve bakımının bir an önce gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Senaryolar arasında etkinlik skorlarının kıyaslanmasında en dikkate değer bulgu, teknik senaryo ile ekonomik senaryo arasındaki uyumdur. Bu uyum, orman yollarının yalnızca üretim odaklı ve amortisman odaklı bir üretim düşünülerek planlandığını net olarak göstermektedir.

3.6. Etkinlik Web Haritasına İlişkin Bulgular

Araştırma kapsamında, Maçka OİŞ orman yollarını haritalayan bir çevrimiçi harita sistemi geliştirilmiştir (Şekil 47). Web harita sistemi, online harita API'lerini kullanarak yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanmaktadır. Kullanıcı dostu bir arayüz sistemi bulunmaktadır. Kullanıcıların ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryolara göre VZA ile etkinlik skorları bulunan orman yollarının kolayca bulunmasını ve görüntülenmesini sağlamaktadır. Sistem kullanıcıların haritaları kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirmelerine olanak tanımaktadır. Böylece web harita sistemin çeşitli amaçlar için kullanılabilirliği arttırılmıştır. Ayrıca sistem, orman yollarının durumunu izlemek ve orman yönetimini planlamak için kullanılabilir (URL-1, 2023, Ocak 9).



Şekil 47. Tasarlanan web harita sistemi arayüzü

Sistem içerisinde farklı senaryolarda etkinliği ölçülen orman yollarının o senaryoya ait bilgilerini gruplayarak düzenlemeyi sağlayan bir tabaka yapısı bulunmaktadır. Bu tabaka yapısı içerisinde, her senaryo için etkin olan ve etkin olmayan orman yolları, Maçka OİŞ idari sınırları, topografik online harita ve uyduya ait online haritalar bulunmaktadır. Bu tabaka sistemi sayesinde kullanıcılar, sadece ilgilendikleri bilgileri görüntüleyebilir veya gerektiğinde diğer bilgileri de açabilirler.

Sistem için tasarlanan diğer yapı ise Lejant yapısıdır. Lejant yapısında orman yollarının simge ve sembollerinin gösterimi yapılmaktadır.

Sistem için tasarlanan bilgi sistemi, online harita üzerinde orman yoluna tıklandığında, etkinlik değerini gösterecek, referans durumdaki orman yollarını gösterecek, mevcut, hedef ve projeksiyon değerlerini gösterecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemin içerisindeki bilgi sistemine bakıldığında, orman yollarının hedef ve projeksiyon değerlerini doğru bir şekilde yansıttığı görülmüştür. Bu değerler aynı zamanda EK-3, EK-4, EK-5 ve EK-6'da verilen değerler ile uyumludur. Bu durum ortaya konan etkinlik skorları, hedef değerler ve projeksiyon oranlarının CBS tabanlı web sunucularında çalışabildiğini göstermektedir. Geojson sistemlerin web haritalama konusunda esnek yapısının ormancılık alanında kullanılabileceği ortaya konmuştur. Özellikle Türkiye'de orman veritabanı ve ormancılık faaliyetleri için kullanılan Orman Bilgi Sistemi (ORBİS) için kullanılabilir durumdadır.

ArcGIS Model Builder, ormancılık sektöründe çeşitli çalışmalarda geniş çapta kullanılmaktadır. İklim değişikliğinin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkilerinin izlenmesinde veri çıkarma, raster hesaplamaları ve geometrik dönüşümler gibi görüntü işleme işlemleri için ArcGIS Model Builder sisteminden yararlanılmıştır (Jibrillah, Eniolorunda, & Ahmad, 2023). Ayrıca, bu çalışmada da olduğu gibi, ArcGIS'i diğer uygulamalarla entegre etmek için Model Builder araçlarının Python komut dosyasıyla birlikte kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır (Saad, Shams-Elden, & Obada, 2023).

Web haritacılığı ve Leaflet kullanımı, ormancılık faaliyetlerinde şu anda sınırlı olmasına rağmen büyümektedir. Bu çalışmada yapılan web haritalama sisteminde olduğu gibi, haritalama amacıyla Leaflet kütüphanesinin CBS ile entegrasyonunun yapılmasının gerekliliği ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Tahir, et al., 2022). Orman yollarının çok kriterli karar verme yöntemlerine göre tasarlanması amacıyla Python destekli yapılan bir çalışmada, ArcGIS programına yazılan arayüz ile GIS tabanlı orman yolu planlanması sağlanmıştır (Çalışkan, Bediroglu, & Yildirim, 2019). Bu tez çalışmasından farklı olarak, son kullanıcıya hitap etmesi açısından online bir harita sistemi kullanılmamıştır.

3.7. VZA Performans Analizine İlişkin Bulgular

VZA performansının ölçülebilmesi amacıyla, her senaryo için girdi ve çıktı değişkenlerin ağırlıklarının ortalaması hesaplanmıştır. Başka bir yöntem olarak, YSA kullanılarak VZA performansı analiz edilmiştir. Bu işlemlere ait bulgular iki alt başlık olarak incelenmiştir.

3.7.1. Her Senaryo İçin Değişkenlerin Ağırlıklarının Ortalamasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

VZA işleminde girdi değişkenleri ile ağırlıkların çarpımları ve çıktı değişkenleri ile ağırlıkların çarpımı işlemi her yol için ayrı ayrı yapılır, ardından girdi için hesaplanan değer, çıktı için hesaplanan değere bölünür. Bölüm 1.6’da anlatıldığı üzere bu oran ile etkinlik skoru elde edilmektedir. Her KVB kadar yapılan bu işlemde değişkenlerin ağırlıklarının ortalaması, değişkenlerin etkinlik senaryolarını ne kadar etkilediğini göstermektedir. Her senaryo için değişkenlerin ağırlıklarının ortalaması Tablo 38’de gösterilmiştir. VZA’nın bu performans analizinde en dikkat edilmesi gereken nokta, performans analizinin çalışma sahası sınırlarına göre değerlendirilmesi gerektiğidir.

Ekolojik etkinlik senaryosunda, bölmelere bağlantı sağlayan yolların ağırlıklarının ortalaması diğer değişkenlerin ağırlıkların ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bağlantı sağlanan alanların fazlalığı, özellikle ormanların ekolojik olarak korunmasını sağlaması amacıyla önemlidir. Orman yolları, yalnızca üretim için kullanılmamaktadır. Aynı zamanda koruma faaliyetleri için kullanılmaktadır (Bilici, 2009). Diğer yandan, en önemli değişkenlerden olan akarsu yataklarına ortalama uzaklık değişkeni artırılması gereken değişkenlerden biridir. Orman yolu yapımı, akarsu sistemleriyle kesiştiğinde, suyun doğal akışını etkileyerek hidrolojik ve jeomorfolojik süreçleri önemli ölçüde etkilemektedir. Araştırmalar, bu tür yolların yapılmasının su akış hacimlerinde artışa, maksimum akış hızlarında artışa, toprak erozyonuna, akarsularda tortu birikimine ve kanal morfolojisinde değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir (Soulis, Dercas, & Papadaki, 2014). Ekolojik etkinlik senaryosunda, özellikle ağırlıkların ortalamasının en yüksek olduğu değişkenler çıktı değişkenlerinden oluşmaktadır. Kayıp orman alanı değişkeni ise en az ağırlıkların ortalamasına sahip olan değişkendir. Bu durum, kayıp orman alanı verilerinin hesaplanmasında yalnızca yol platformunu dikkate alınarak yapılmaması ile ilgilidir.

Tablo 38. Her senaryo için girdi ve çıktı değişkenlerin ağırlıklarının ortalaması

Ekoloji	Ekonomik	Sosyal	Teknik
Bölmelere Bağlantı Sayısı (0,382)	Ortalama Yol Aralık Mesafesi (0,326)	Kazı Şevlerinin Yeşillenme Oranı (0,465)	Ortalama Yol Aralık Mesafesi (0,472)
Akarsu Yatakları Ortalama Uzaklık (0,321)	Emval Miktarı (0,322)	Yol Eğimi (0,363)	Karşılaşma Noktaları (0,383)
Potansiyel Sanat Yapısı (0,297)	Alan Uzunluk Oranı (0,246)	Kayıp Orman (0,292)	İşletmeye Açılan Alan (0,293)
Kazı Şevi Yüksekliği (0,279)	Ekonomik Fonksiyonlu Meşcereye Ulaşım (0,212)	Yol Uzunluğu (0,256)	Bölmelere Bağlantı Sayısı (0,235)
Yamaç Eğimi (0,223)	Bakı Puanı (0,209)	Hizmet Süresi (0,204)	Bakı Puanı (0,214)
Yol Genişliği (0,162)	Yatay Kurp Sayısı (0,122)	Ziraat-Mera Alanlarına Ulaşım (0,137)	Banket Genişliği (0,212)
Bakı Puanı (0,146)	Yamaç Eğimi (0,108)	Mahalle Nüfusu (0,097)	Yol Deformasyon Yoğunluğu (0,135)
Yolda Gözlenen Şev Heyelan (0,118)	İnşaat Alanı Genişliği (0,107)	Estetik Fonk. Meşcerelere Ulaşım (0,096)	Platform Genişliği (0,056)
Kayıp Orman (0,072)	Kıvrımlılık Faktörü (0,101)	Dolambaçlılık Faktörü (0,09)	Hendek Genişliği (0,000)
	Dolambaçlılık Faktörü (0,100)		
	Yol Deformasyon Yoğunluğu (0,086)		
	Potansiyel Sanat Yapısı Yoğunluğu (0,062)		

Kayıp orman alanı hesaplamasında, yalnızca yol platformunun alınmamasının nedeni ise, ekosistem içerisinde bulunan yaban hayvanlarının geçiş noktalarının bölünmesi ve oduna dayalı üretimin tersi olarak oduna dayalı orman kaybının hesaplanmasının sağlanmasıdır.

Ekonomik etkinlik ve teknik etkinlik senaryolarında ortalama yol aralık mesafesi değişkeni en yüksek ağırlıklar ortalamasına sahip olan değişkendir. Orman yollarının amortismanın sağlanabilmesi ve inşa tekniklerine uygun olması için planlama aşamasında yoldan en fazla üretimin elde edilmesi gerekmektedir (Acar, 2005). Bu üretimin elde edilmesinde yol aralık mesafesi ve yol yoğunluklarının en net bir şekilde ortaya konması gereklidir. Optimal üretimin sağlanması için başat bir etkidir (Akay, 2006). Yol aralık mesafesi, bu çalışmada optimal olarak 500 m. olarak alınmıştır. Ekonomik etkinlik senaryosunda, potansiyel sanat yapısı yoğunluğu değişkeni ise en düşük ağırlıkların ortalamasına sahiptir. Sanat yapısının yoğunluğu değişkeni aslen ekolojik senaryoda bulunan değişkenlerden biridir. Ayrıca orada yüksek bir ağırlık ortalamasına sahip olan bu değişken, ekonomik senaryoda en düşük olarak görülmektedir. Ekonomik senaryo içerisinde potansiyel sanat yapılarının değişken olarak seçilmesinin nedeni, orman yollarının tasarımında en fazla maliyete sahip inşa faaliyeti olmasıdır (Çalışkan, 2003). Ancak orman yollarının kendi içerisinde etkinlik analizinde düşük ağırlık ortalaması alması beklenen bir durumdur. Çünkü sanat yapıları genel olarak belirli kıstaslara uygun olarak aynı yapıda ve belirli kurallar çerçevesinde yerleştirilen yapılardır (OGM292, 2008). Bu tez çalışmasında sanat yapılarının potansiyel olarak konulabileceği tüm coğrafik bölgeler adet olarak alınmış, ancak sanat yapılarının ekonomik maliyetleri kullanılmamıştır.

Sosyal etkinlik senaryosunda en yüksek ağırlıklar ortalamasına sahip değişken kazı şevlerinin yeşillenme oranı değişkenidir. Şevlerin yeşillenme oranı, orman yollarında özellikle yolun bakımının yapıldığını ve aynı zamanda orman yolunun zaman içerisinde fonksiyonel hale gelip kullanıldığını gösteren bir yapıdır (Yorulmaz, 2021). Bu tip bir yolun insanlar tarafından daha çok tercih edileceği düşünülebilir. Bu açı ile sosyal etkinlik senaryosu ile uyumlu görülmektedir. Estetik fonksiyonlu meşcere alanlarına ulaşım ve dolambaçlılık faktörü ise en düşük ağırlıklar ortalamasına sahiptir.

Teknik etkinlik senaryosunda en düşük ağırlıklar ortalamasına sahip değişken hendek genişliği değişkenidir. Platform genişliği ve hendek genişliği değişkenlerinin teknik etkinlik senaryosunda ağırlıkların ortalaması açısından çok büyük bir öneme sahip olmadığı görülmektedir. Platform genişliği, hendek genişliği ve banket genişliği değişkenleri genel

olarak teknik yapıyı ölçen değişkenlerdir. Ancak değişkenlerin verileri arasında çok farklılık görülmemektedir.

Genel itibariyle Maçka OİŞ sınırları içerisinde bu değişkenlerin ağırlıklarının ortalamaları bu şekilde olmasına rağmen, modelin genel geçerliği açısından bakıldığında, başka bir OİŞ sınırları için değerlendirme yapıldığında bu ağırlıklı ortalamaların değişeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

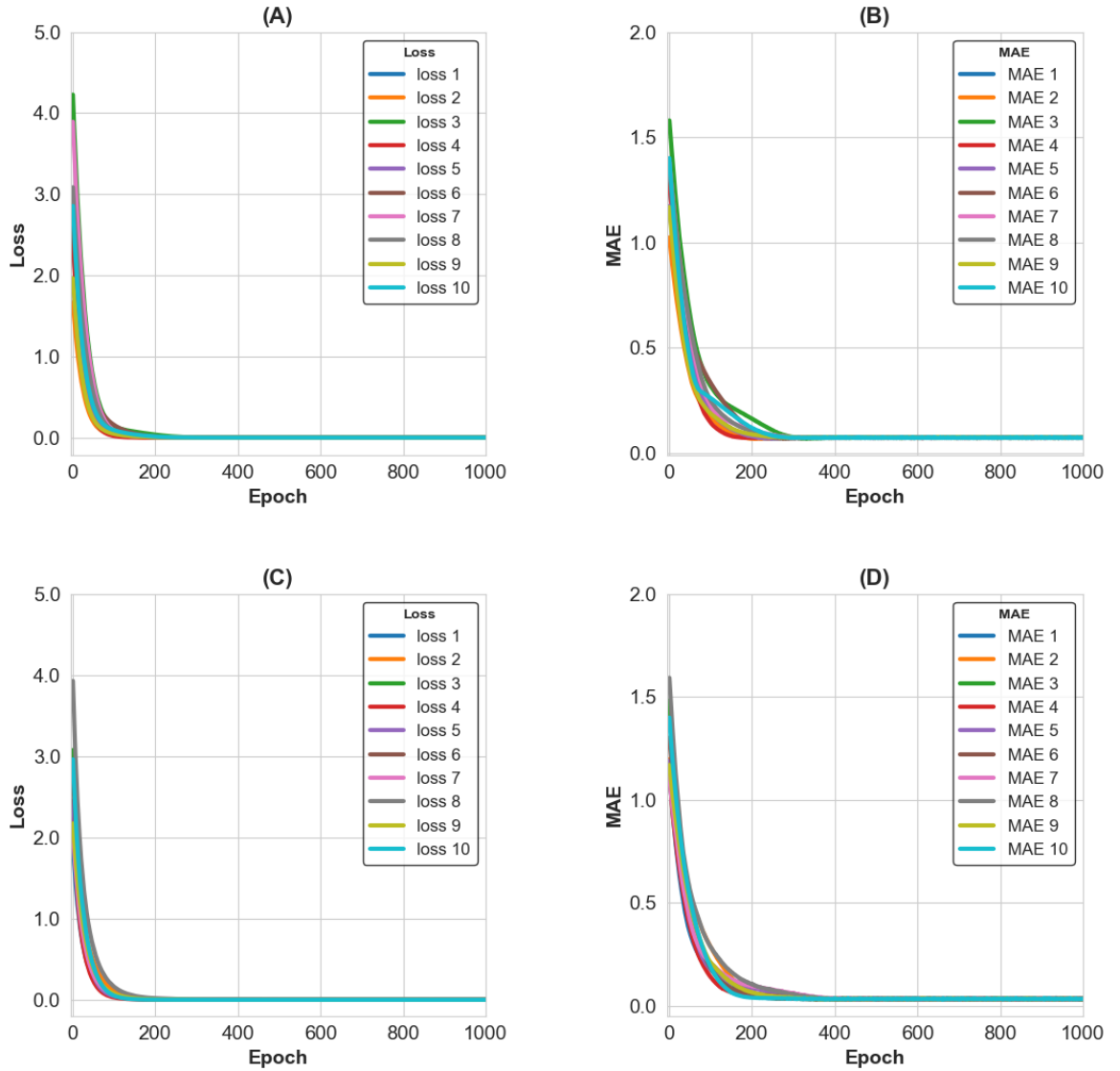
3.7.2. YSA kullanılarak Elde Edilen VZA Performansına Ait Bulgular

Ekolojik etkinlik senaryosunda VZA performansının analizi için bir YSA eğitilmiştir. Bu işlemde toplam 9 tane girdi ve çıktı değişkeni YSA'ya giriş olarak verilmiş, ekolojik etkinlik skorları da YSA'nın çıkışı olması hedeflenmiştir. Bu aşamada YSA modelinin sağlamlığının gösterilmesi için, işlem 10 kez tekrar edilmiştir. Bu tekrarlar için YSA'nın eğitim süresince her epoch için MAE ve MSE (loss) değişimi, sırasıyla Şekil 48 (A) ve Şekil 48 (B) gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere her tekrarda YSA 300'üncü epoch itibariyle bir ağırlık setine yakınsamıştır. Buradan anlaşılabacağı üzere eğitim başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

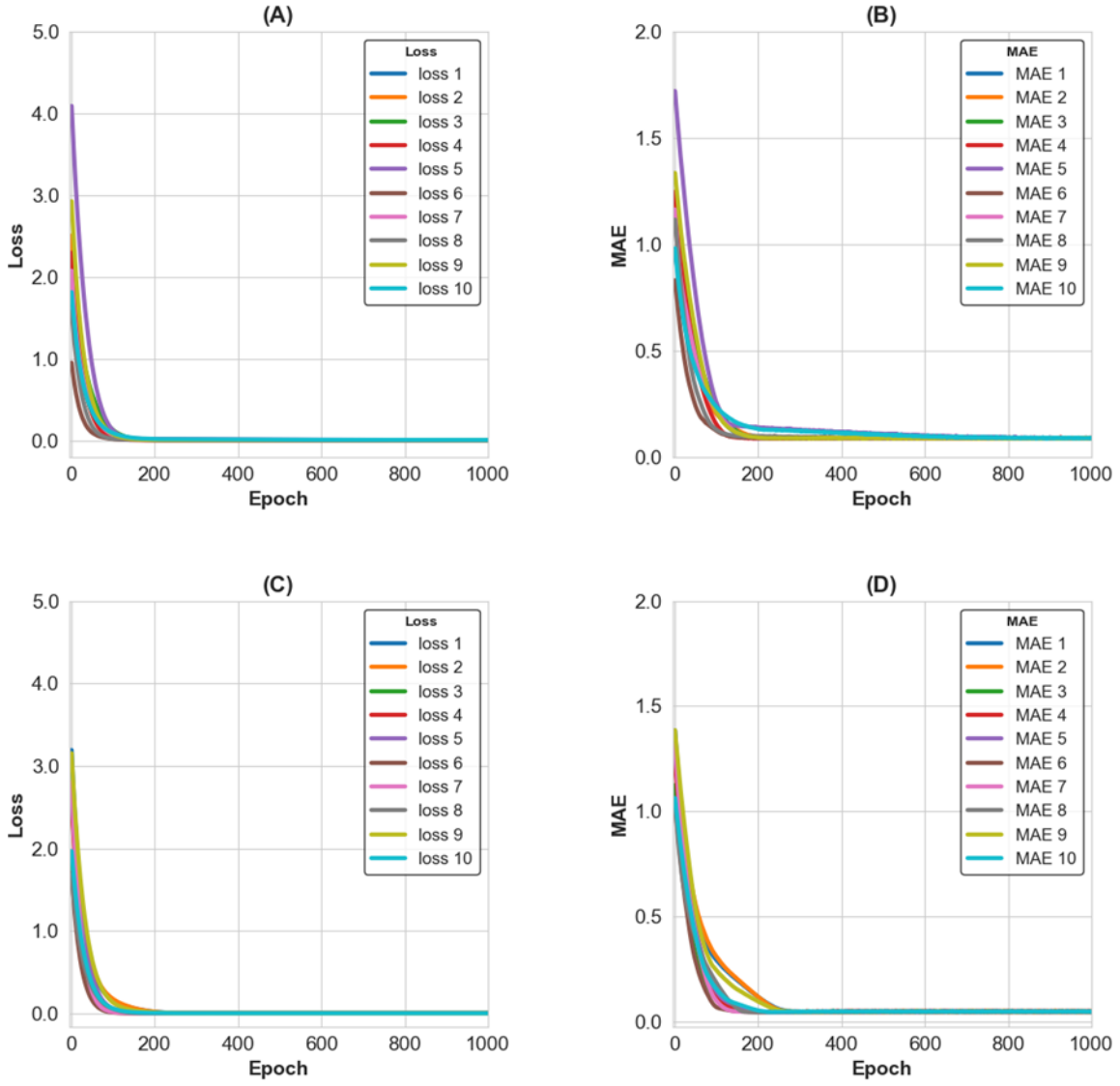
Ekonomik etkinlik senaryosunda VZA performansının analizi için bir YSA eğitilmiştir. Bu işlemde toplam 12 tane girdi ve çıktı değişkeni YSA'ya giriş olarak verilmiş, ekonomik etkinlik skorları da YSA'nın çıkışı olması hedeflenmiştir. Bu aşamada YSA modelinin sağlamlığının gösterilmesi için, işlem 10 kez tekrar edilmiştir. Bu tekrarlar için YSA'nın eğitim süresince her epoch için MAE ve MSE (loss) değişimi, sırasıyla Şekil 48 (C) ve Şekil 48 (D) gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere her tekrarda YSA 400'üncü epoch itibariyle bir ağırlık setine yakınsamıştır. Buradan anlaşılabacağı üzere eğitim başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

Sosyal etkinlik senaryosunda VZA performansının analizi için bir YSA eğitilmiştir. Bu işlemde toplam 9 tane girdi ve çıktı değişkeni YSA'ya giriş olarak verilmiş, sosyal etkinlik skorları da YSA'nın çıkışı olması hedeflenmiştir. Bu aşamada YSA modelinin sağlamlığının gösterilmesi için, işlem 10 kez tekrar edilmiştir. Bu tekrarlar için YSA'nın eğitim süresince her epoch için MAE ve MSE (loss) değişimi, sırasıyla Şekil 49 (A) ve Şekil 49 (B) gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere her tekrarda YSA 600'üncü epoch itibariyle bir ağırlık setine yakınsamıştır. Buradan anlaşılabacağı üzere eğitim başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

Teknik etkinlik senaryosunda VZA performansının analizi için bir YSA eğitilmiştir. Bu işlemde toplam 9 tane girdi ve çıktı değişkeni YSA'ya giriş olarak verilmiş, teknik etkinlik skorları da YSA'nın çıkışı olması hedeflenmiştir. Bu aşamada YSA modelinin sağlamlığının gösterilmesi için, işlem 10 kez tekrar edilmiştir. Bu tekrarlar için YSA'nın eğitim süresince her epoch için MAE ve MSE (loss) değişimi, sırasıyla Şekil 49 (C) ve Şekil 49 (D) gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere her tekrarda YSA 300'üncü epoch itibarıyla bir ağırlık setine yakınsamıştır. Buradan anlaşılabacağı üzere eğitim başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.



Şekil 48. Ekolojik ve ekonomik etkinlik senaryolarında MSE ve MAE değerleri



Şekil 49. Sosyal ve teknik etkinlik senaryolarında MSE ve MAE değerleri

YSA'nın eğitimi tamamlandığında, performans modeli artık test edilebilir duruma gelmiştir. Bölüm 2.2.12'de anlatıldığı üzere, başlangıçta test veri kümesi olarak ayrılan orman yollarının etkinlik skorları YSA'ya göre tahmin edilmiştir. VZA sonucunda gelen etkinlik skorları ile YSA'nın öngördüğü etkinlik skorları arasında MSE değerleri ve MAE değerleri incelenerek sırasıyla Tablo 39 ve Tablo 40 elde edilmiştir.

Tablo 39. Senaryolara göre gerçek etkinlik (VZA) ve tahmin edilen skorlar (YSA) arasındaki MSE değerleri

Test Sonuçları	Ekoloji	Ekonomi	Sosyal	Teknik
1	0,01178	0,01478	0,01145	0,02946
2	0,01050	0,01475	0,01186	0,02750
3	0,01036	0,01497	0,01166	0,02847
4	0,01148	0,01472	0,01193	0,02813
5	0,00990	0,01406	0,01177	0,02893
6	0,00883	0,01520	0,01165	0,02919
7	0,01132	0,01486	0,01174	0,02840
8	0,01110	0,01467	0,01176	0,03055
9	0,01048	0,01481	0,01143	0,02895
10	0,01007	0,01462	0,01185	0,02901
Ortalama	0,01058	0,01474	0,01171	0,02886

Tablo 40. Senaryolara göre gerçek etkinlik (VZA) ve tahmin edilen skorlar (YSA) arasındaki MAE değerleri

Test Sonuçları	Ekoloji	Ekonomi	Sosyal	Teknik
1	0,08460	0,08814	0,09976	0,12311
2	0,08143	0,08495	0,10141	0,11711
3	0,08036	0,08850	0,10084	0,11944
4	0,08369	0,08450	0,10167	0,11837
5	0,07785	0,08594	0,10126	0,11980
6	0,07519	0,08644	0,10023	0,12099
7	0,08277	0,08692	0,10102	0,11951
8	0,08278	0,08472	0,10088	0,12300
9	0,08086	0,08310	0,09934	0,12225
10	0,07881	0,08481	0,10108	0,12115
Ortalama	0,08083	0,08580	0,10075	0,12047

Tablo 39 ve Tablo 40'a göre;

- Ekolojik etkinlik senaryosunun testi sonucunda 0,011 MSE değeri ve 0,081 MAE değeri;
- Ekonomik etkinlik senaryosunun testi sonucunda 0,015 MSE değeri ve 0,086 MAE değeri;

- Sosyal etkinlik senaryosunun testi sonucunda 0,012 MSE değeri ve 0,101 MAE değeri;
- Teknik etkinlik senaryosunun testi sonucunda 0,029 MSE değeri ve 0,120 MAE değeri elde edilmiştir.

Ekolojik etkinlik senaryosu, en düşük MSE ve MAE değerlerine sahip senaryodur. YSA modelinin ekolojik etkinlik senaryosu için yapmış olduğu tahminlerin genellikle en doğru olduğu gözlenmektedir.

Teknik etkinlik senaryosu, diğer etkinlik senaryolarına kıyasla biraz daha yüksek MSE ve MAE değerlerine sahiptir. Bu durum YSA modelinin teknik etkinlik senaryosunda tahminlerinin, diğer etkinlik senaryolarına görece daha az doğru olduğunu göstermektedir.

Ekoloji etkinlik ve teknik etkinlik senaryoları için MAE değerleri birbirine oldukça yakındır ve diğer etkinlik senaryolarına göre daha düşüktür. Bu durum gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki mutlak farkların ortalamasının birbirine daha yakın olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışma, Maçka OİŞ sınırlarındaki 20 adet aktif kullanılan ve 10 adet OGM tarafından yapımı planlanan orman yolunun etkinliğini çok yönlü bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, orman yollarının sadece üretime dayalı fonksiyonlarının olmadığı gerçeğiyle, ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik başlıklı dört fonksiyona ayrılan bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma ile ormanların amenajman planlarına benzer şekilde fonksiyonel planlamasına yönelik kategorik sınıflandırma oluşturulmuştur.

Fonksiyonel planlama ilkesi doğrultusunda, her fonksiyon için uygun senaryolar oluşturulmuştur ve bu senaryolara literatür kaynaklı olarak girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir. Çalışmada girdi ve çıktı değişkenleri arasında etkinliğin ortaya konması amacıyla girdiye yönelik VZA yöntemi kullanılmıştır. Girdiye yönelik VZA yöntemi, girdi değişkenlerinin ne kadar azaltılması gerekliliği varsayımıyla, en etkin durum için çıktı değişkenlerinin ne kadar artması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu yöntem, çalışma kapsamında kodlanan CBS entegrasyonu olan yeni bir paket program ile yapılmıştır. Paket programın tasarımı için Python yazılım dili kullanılmıştır. Yine VZA sonucunda, ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik senaryoların ışığında belirlenen değişkenler ile orman yollarının etkinlik skorları elde edilmiştir. Bu etkinlik skorlarında 1 olan puanlama orman yolunun etkin olduğunu gösterirken, 1'in altında bir değer alması etkin olmadığı sonucunu göstermektedir. Ekolojik, ekonomik, sosyal ve teknik fonksiyonlara göre elde edilen etkinlik analizlerine YSA kullanılarak performans analizi yapılmıştır. Ayrıca son kullanıcıya hitap etmesi amacıyla, Javascript ve Html kodlama ile online bir harita sistemi tasarlanmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda, orman yollarının planlanmasında ve yönetiminde fonksiyonel planlamanın pozitif etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışma kapsamında orman yollarının fonksiyonel duruma bağlı olarak etkinlik skorları elde edilebilmiştir. 30 adet orman yolundan, ekolojik senaryoda 24 adet, ekonomik senaryoda 22 adet, sosyal senaryoda 14 adet ve teknik senaryoda 17 adet orman yolu etkin olarak bulunmuştur.

Ekolojik etkinlik senaryosunda güneyli bakılardaki orman yollarının etkin durumda olduğu, kuzeyli bakılardaki orman yollarının etkin durumda olmadığı tespit edilmiştir.

Orman yollarının ekolojik etkinlik değerlendirmesinde şev ve heyelan alanlarının daha az olduğu alanlar etkin olarak tespit edilmiştir. Ekolojik olarak etkin durumdaki orman yollarının, etkin olmayan orman yollarına göre daha fazla alan ile bağlantı kurduğu ve daha fazla bölmeye girdiği görülmektedir. Bu durum özellikle ormanların korunması, yangınla mücadele ve böcek zararları ile mücadele konularında ulaşımın sağlanabilmesi amacıyla dikkate değer bir durumdur. Diğer yandan orman yollarının bağlantı sağladığı bölme sayısı, doğal afet sonrası kritik merkezlere acil ulaşım için orman yollarının kullanılabilmesi açısından da önemlidir.

Ekolojik senaryoda toplam 25 adet referans alınan ve 25 adet referans verilen yol bulunmaktadır. Ekolojik etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 24 adet orman yolunun, 7 tanesinin ekonomik etkinlik senaryosunda, 11 tanesinin sosyal etkinlik senaryosunda ve 11 tanesinin teknik etkinlik senaryosunda etkin olmadığı bulunmuştur. Ekolojik senaryoda etkin olan orman yollarının genel itibariyle amortisman değerlerini karşılama ve 292 sayılı tebliğe uygun inşa edildiği tespit edilmiştir. Ancak ekolojik olarak etkin olmayan orman yollarının amortisman değerlerini karşılama ve 292 sayılı tebliğe uygun olarak tasarlanma konusunda başarısız olduğu tespit edilmiştir. Bu yolların özellikle ani bakı değişimlerine uğradığı ve genel olarak yalnızca mahalle/köy bağlantısı için planlandığı bulunmuştur. Doğu Karadeniz Bölgesine uygun olarak, yükselti arttıkça nüfus oranı da azaldığı için, yolların yükselti kademeleri arttıkça, ekolojik olarak etkinliği artmakta ancak sosyal olarak etkinliği azalmaktadır.

Ekolojik senaryoda etkin durumda olan orman yollarına bakıldığında genel olarak bu yolların yamaç yolu olduğu görülmektedir. Ekolojik etkin yollar, yamaç yolu uygulamasının önemli bir dezavantajı olan, yamaç yolları ile vadi yolunun birleştiği noktalarda kurp tesisinin zor olması problemine uğramamıştır. Bu problemi aşmak için, yakınında bulunan vadi yolunun yükseldiği yönde bir planlama ile tesis edilmişlerdir. Böylece ekolojik etkin yollar, ekolojik olarak ormanın içerisinden geçse bile, sanat yapıları ile desteklenmişlerdir. Kurpların tasarımı ise yamaç boyunca zorluk ıkartmamıştır. Ekolojik senaryoda etkin olmayan orman yolları, yamaç eğiminin çok fazla olduğu, yol uzunluğu ve sanat yapısı sayısına göre, akarsu yataklarına yakın olan yollardır. Bunların karşılığında bağlantı sağladığı bölme sayıları da azdır. Ekolojik senaryoda yeni planlanan 10 adet yoldan 2 tanesi etkin olmayan orman yollarındandır ve ekolojik senaryoya uygun olarak planlanmadıkları tespit edilmiştir.

Ekonomik senaryoya göre orman yolları maliyet etkinliği ve amortismanının sağlanması açısından önemlidir. Ekonomik senaryoya göre etkin olan orman yollarında potansiyel sanat yapısının daha az olduğu, diğer yandan etkin olan bu yolların yol aralık mesafelerinin ideal olduğu tespit edilmiştir. Kıvrımlılık ve dolambaçlılık faktörleri dikkate alındığında, orman yollarının amaçları dışında planlanıp planlanmadığı net bir şekilde ortaya konmaktadır. Buna bağlı olarak maliyeti yüksek yolların ekonomik etkinliği sağlayamadığı, yatay kurp ve düşey kurp yapılarının maliyet etkin olmadıkları belirlenmiştir. Bu durumun orman yollarının gereğinden daha fazla planlanması ve inşa edilmesi nedeniyle olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik olarak etkin olan orman yollarında, yol deformasyonunun daha az olduğu tespit edilmiştir.

Ekonomik etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 22 adet orman yolunun, 5 tanesinin ekolojik etkinlik senaryosunda, 14 tanesinin sosyal etkinlik senaryosunda ve 6 tanesinin teknik etkinlik senaryosunda etkin olmadığı bulunmuştur. Özellikle teknik etkinlik senaryosunda etkin olan 6 adet orman yolunun ekonomik etkinlik senaryosunda etkin olmaması çok önemli bir durumdur. Bu durum, yolların tebliğ standartlarına göre planlandığını ve inşa edildiğini ancak maliyet etkinliği ve amortisman olarak kendisini karşılayamadığını göstermektedir. Yine bu yolların ani bakı değişikliklerine uğradığı ve karşılaşma noktalarının yeterli olmadığı da etkinlik skorları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Orman yolu planlayıcılarının ve karar vericilerin bu değişkenleri göz ardı ettikleri sonucuna varılmıştır. Bu durum orman yolların gerek ekonomik gerekse teknik olarak etkin çıkmamalarının en önemli nedenlerinden bir tanesidir.

Ekonomik senaryoda etkin orman yollarının tamamına yakını ekonomik fonksiyonlu ormanlardan geçmektedir. Bu nedenle bu yolların ekonomik senaryoda esas alınan amortisman süresini karşılayabileceği düşünülmektedir. Özellikle yapım, bakım ve onarım maliyetleri ile transport maliyetleri bakımından diğer yollara nazaran görece daha pozitif etkilere sahip olacaklardır. Yeni planlanan orman yollarının tamamının etkin olduğu ve ekonomik senaryoya uygun olarak planlandıkları tespit edilmiştir.

Sosyal etkinlik senaryosuna göre, orman yollarının etkinlik skorlarına bakıldığında, özellikle dolambaçlılık faktörü fazla olan orman yollarının etkin olmadığı tespit edilmiştir. Maçka OİŞ sınırlarında bulunan ormanlarda 1 km'lik bir orman yolu için, 3,25 ha. orman sahasının kayba uğradığı tespit edilmiştir. Bu değer orman yollarının inşaat alanı genişliği ile hesaplanmıştır. Literatür ile bu değer karşılaştırıldığında, bu değer orman yollarının inşa

edilmesinde çevre etki değerlendirmeye uygun ve bütün olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ormanlık alan kaybı yalnızca yol platformu ile ilişkilendirilmemelidir.

Sosyal etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 14 adet orman yolunun, 1 tanesinin ekolojik etkinlik senaryosunda, 6 tanesinin ekonomik etkinlik senaryosunda ve 9 tanesinin teknik etkinlik senaryosunda etkin olmadığı bulunmuştur. Sosyal olarak etkin olan yolların neredeyse tamamının ekolojik olarak etkin olarak planlandığı ve kullanıldığı tespit edilmiştir. Orman yollarının fonksiyonel tasarımında en çok etkin olmayan yolun sosyal etkinlik senaryosunda olduğu görülmüştür. Orman yollarının planlanması ve inşasında, sosyal yönden kazanımların göz ardı edildiği açık bir şekilde görülmektedir.

Sosyal senaryoda özellikle ana arter yolların sosyal olarak etkin olduğu net bir şekilde tespit edilmiştir. Bu orman yolları ana arter olduğu gibi aynı zamanda birçok bağlantı noktası ile mahalleleri, köyleri ve bölmeleri birbirine bağlamaktadır. Bu nedenle daha fazla sosyaliteye uğramışlardır. Ayrıca bu yolların ziraat-mera alanlarına ulaşım açısından da çok elverişli olduğu sonucu bulunmuştur. Sosyal senaryoda yeni planlanan 10 adet yoldan 7 tanesi etkin durumda değildir ve sosyal senaryoya uygun olarak planlanmadıkları tespit edilmiştir. Bu yolların etkin duruma gelebilmesi için yolun eğimi, dolambaçlı yapısının azaltılması ve kazı şevindeki yeşillendirmelerin artırılması gerektiği tespit edilmiştir.

Teknik etkinlik senaryosuna göre, orman yolları OGM 292 sayılı tebliğe uygun olarak planlanmalı ve inşa edilmelidir. Özellikle bu senaryoda etkin olan orman yollarının orman yollarının geometrik standartlarına uygun olarak planlandığı tespit edilmiştir. Bu yolların daha fazla bölmeden geçtiği ve işletmeye açma açısından avantajlı konumda oldukları görülmüştür.

Teknik etkinlik senaryosunda etkin olarak bulunan 17 adet orman yolunun, 4 tanesinin ekolojik etkinlik senaryosunda, 1 tanesinin ekonomik etkinlik senaryosunda ve 12 tanesinin sosyal etkinlik senaryosunda etkin olmadığı tespit edilmiştir. Teknik olarak etkin olan orman yolları, ekonomik etkinlik senaryosu ile uyum içerisindedir. Teknik olarak etkin olan orman yolları, sosyal senaryoda en düşük etkinlik skorlarını almıştır

Teknik etkinlik senaryosunda etkin olan orman yollarının platform genişliği, banket genişliği, hendek genişliğinin ortalamaya yakın olduğu tespit edilmiştir. Yine bu yolların, heyelan ve göçüklerinin az olduğu ve büyük çoğunluğunun orman içerisinden geçtiği tespit edilmiştir. Teknik olarak etkin olmayan orman yollarının ise farklı bakılardan geçerek, heyelan ve toprak kaymalarına karşı yeteneksiz olduğu ve yol yüzeyinde oluşan göçükler ile yolun deformasyon yoğunluğunun çok fazla olduğu tespit edilmiştir. Teknik senaryoda yeni

planlanan 10 adet yoldan 1 tanesi etkin durumda değildir ve teknik senaryoya uygun olarak planlanmadığı tespit edilmiştir.

Yeni planlanan 10 adet orman yoluna ait planlamalarda özellikle 4380-007 kodlu orman yolunun tüm senaryolarda etkin çıkmıştır. Bu orman yolunun planlama açısından, bütün orman yollarına örnek teşkil etmektedir. Bu orman yolunun etkin olmasının nedeni, iki mahalleyi birbirine bağlaması, yamaç yolu şeklinde olması ve üretimin yoğun olduğu ormanlık alandan geçmesidir. 4380-007 kodlu orman yolu akarsu yataklarından uzak, drenaj problemleri olmayan, yeterli sayıda bölmeden geçen (8 adet), meşcerelerden yeterli miktarda emval taşınılabilen (5.762 m^3), alan uzunluk oranı bakımından elverişli ($16,5 \text{ m/ha}$), ekonomik fonksiyonlu meşcerelere ulaşımın kolay yapılabilirdiği (177 ha.), yol inşaa faaliyetleri ile amortismanını sağlayabileceği, iki mahalleyi birbirine bağladığı (4.797 nüfus), standart eğim değerine (%6) sahip olduğu, ortalama yol aralık mesafesinin orta mesafe olduğu (363 m.) ve yamaç eğiminin modern bölmeden çıkarma tekniklerine uygun olduğu (%55) olduğu tespit edilmiştir.

Her senaryo için kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarının ortalamasında, ekolojik etkinlik senaryosunda “bölmelere bağlantı sayısı” ile “akarsu yataklarına uzaklık”, ekonomik etkinlik senaryosunda “ortalama yol aralık mesafesi” ile “emval miktarı”, sosyal etkinlik senaryosunda “kazı şevi yeşillenme oranı” ile “yol eğimi” ve teknik etkinlik senaryosunda “ortalama yol aralık mesafesi” ile “karşılaşma noktaları” değişkenlerinin en fazla ağırlıklı ortalamaya sahip olduğu tespit edilmiştir.

YSA ile yapılan performans analizlerinde tahmin edilen etkinlik skorları ile gerçek etkinlik skorları arasında en küçük hata paylarına sahip etkinlik senaryosunun ekolojik etkinlik senaryosu olduğu belirlenmiştir.

ArcGIS modelleri ve arazi çalışmaları ile elde edilen değişkenlerin, hedef değerlerini ve projeksiyon yüzdelerinin daha açık anlaşılabilmesi, son kullanıcıya ulaşabilmesi amacıyla, online haritalama yardımıyla bir web haritası oluşturulmuştur. Etkinlik analizinden elde edilen online veritabanının ORBİS ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışmanın ana konusu olan; “orman yollarının planlamasında orman kaynakları ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonlara uygun olarak planlanabilir mi?” sorusunun karşılığı olarak 10 adet yeni yolun planı hakkında, farklı fonksiyonlara bağlı bir yorumlama yapılabilmektedir. Çalışmanın bir diğer araştırma konusu olan; Orman yollarının planlama sürecinde fonksiyonel duruma bağlı olarak etkinlik skorları nelerdir? Etkin olmaları için hangi kaynakların ne kadar değişmesi gerekmektedir?” konusunda da etkinlik skorları

hesaplanabilmiş ve projeksiyon değerler ile kaynakların değişimlerinin nasıl olması gerektiği ortaya konmuştur.



5. ÖNERİLER

Türkiye’de orman yollarının fonksiyonel planlanmasına yönelik çalışmaların sayısı oldukça azdır. Gelişen teknoloji ve artan çevre hassasiyet ile birlikte yenilenebilir kaynaklar içerisinde önemli bir yeri olan ormanların planlanması ve yönetilmesi konusu gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Bu kapsamda ormanların sağlamış olduğu odun hammaddesi dışındaki ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalarında göz önünde bulundurularak, modern planlama yöntemlerinin orman yollarının planlanmasında da kullanılması önem arz etmektedir. Maçka OİŞ sınırı içinde gerçekleştirilen çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar da dikkate alındığında aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- Türkiye’nin orman varlığının sürdürülebilir işletilerek gelecek nesilleri aktarılması, kamu kaynaklarının etkin şekilde kullanılması ve özellikle bölgesel kırsal kalkınma çalışmalarında başarıya ulaşılması amacıyla orman yollarının fonksiyonel planlanarak etkinliği ölçülmelidir.
- 12. Kalkınma planına uygun olarak sektörel politikalarda bilimle uygun teknolojik yeniliklerin, orman yollarının planlanması ve inşaatı sırasında kullanılması gerekmektedir. Bu inşa ve planlama faaliyetlerinin, çevrenin korunması, afet yönetiminin sağlanması ve sürdürülebilir çevre faktörlerine hizmet etmesi gerekmektedir. Bu kapsamda gerekli görülmesi halinde katılımcı yaklaşım çerçevesinde ilgili taraflar (kamu kurumları, sivil toplum örgütleri, yerel halk, sektörel paydaşlar vb.) sürece dahil edilmelidir.
- Gelecekteki orman yolu planlamalarında; Ekolojik dengeyi koruma, maliyet etkinliği için ekonomik alt yapıyı sağlama, sosyal açıdan hizmet amaçlarına uyma ve teknik açıdan bakım-onarım aşamalarını kolaylaştırma adına ekosistem tabanlı planlama ilkelerine ağırlık verilmelidir.
- Yeni yol yapılacak alanlarda, yol yoğunluğu belirlenirken alanların fonksiyonları dikkate alınmalı ve konumsal desen buna göre düzenlenmelidir. Korunan alanlarda yapılacak yeni yollar için ekolojik etki değerlendirmesi ve yaşam döngüsü analizleri yapılmalı ve olumsuz ekolojik etkileri yüksek olan yollar, tamir bakım ve onarımlarla çevre dostu yollar haline getirilmelidir veya kapatılmalıdır.
- Türkiye’de orman yollarının etkinliği düzenli olarak izlenmeli ve mevcut projelerin performansının sürekli olarak gözden geçirilmesi gerekmektedir. Böylece anlık

olarak orman yollarının kaynak kullanımları hakkında bilgi sahibi olunabilecektir. Özellikle gerek ilgili kamu kurum ve kuruluşlar, mevzuat ve gerekse orman yolu plancılarının, fonksiyonel olarak orman yollarının planlanması konusunda yeterli bilgi ve birikimi bulunmamakta ve bunun sonucu olarak fonksiyonel orman yollarının planlanması yapılamamaktadır. Bu nedenle plancıların fonksiyonel planlama doğrultusunda eğitilerek bilgi sahibi olması ve fonksiyonel kararlar verebilmeleri gerekmektedir. Yine bu doğrultuda gerek orman fakülteleri eğitim programları gerekse de birim hizmet eğitimleri içerisinde orman yolu planlarının fonksiyonel olarak planlanmasını sağlayabilecek müfredat sistemi geliştirilmelidir.

- Orman yollarının ekolojik planlanmasında koruma amaçlı planlamanın geliştirilmesi gerekmektedir. Mevcut olarak yapılan teknik ve ekonomik açıdan planlamalar da yol yoğunluğu olan 20 m/ha.'a göre planlamalar yerine, işletmeye açılan alan ve servet değerleri kullanılmalıdır.
- Orman yollarının etkinliğinin ölçülebilmesi için veri zarflama analizi ve yapay sinir ağları yerine, farklı çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemlerde fonksiyonların göstergeleri belirlenebilir ve bu göstergelere bağlı değişkenler ile karar verme yöntemleri kullanılabilir.
- Orman yollarının özellikle fonksiyonel planlanmasında kullanılan CBS için hazır modeller ortaya çıkartılmalı ve bu modeller kaynak kullanımlarına uygun standartlar haline getirilmelidir.

Gelecek orman yolu projelerinde, son teknoloji ve yenilikçi yöntemlerin kullanımı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu, ekolojik çeşitliliğin korunması, maliyet etkinliği, sosyal hizmetler ve teknik performansın artırılmasına katkı sağlayabilir. Türkiye’de orman verilerinin bulunduğu ve ormancılığın izlendiği ORBİS, orman yollarının planlanması ve inşası için geliştirilmelidir. Bu geliştirmeler, orman yolları planlamalarında kullanılabilecek hazır modüllerin yapılması ve orman yollarının etkinliğinin ölçülebilir hale gelmesi ile gerçekleşebilir.

Maçka OİŞ sınırları içerisinde yapılan ve yapılacak olan orman yollarının planlanmasında odun üretim odaklı değişkenlerle birlikte, ekolojik, ekonomik ve sosyal değişkenlerin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Maçka OİŞ sınırları içinde bulunan orman yollarının fonksiyonel olarak planlanabilmesi için:

- Orman yollarının ekolojik olarak etkin olabilmesi için ani bakı değişimlerinden kaçınılması ve orman yolunun kayıp orman alanları açısından

değerlendirilmesi gerekmektedir. Ekolojik olarak etkin olacak bu yolların, ekonomik ve teknik standartlarına uygun planlanması gereklidir.

- Orman yollarının ekonomik olarak etkin olabilmesi için, orman yolu üst yapılarının tamamlanması, sanat yapılarının yalnızca gerekli olduğunda yapılması, yatay kurp ve düşey kurpların yapımının minimuma düşürülmesi ve yol deformasyonları azaltmak amacıyla planlama aşamasında tamir ve bakımının göz önüne alınması gerekmektedir.
- Sosyal açıdan orman yollarının etkin olabilmesi için sürüş ve emniyet güvenliğini sağlanması amacıyla eğim değerinin ve dolambaçlığın optimize edilmesi gerekmektedir.
- Teknik açıdan orman yollarının etkin olabilmesi için, orman yolu standartlarına tam olarak uyumalıdır. Özellikle ortalama yol aralık mesafelerinin dikkate alınması ve işletmeye açılan alan miktarının artırılması gerekmektedir.
- Maçka OİŞ sınırları içinde planlanan ve etkin durumda olmayan orman yollarının hangi fonksiyon doğrultusunda yapıldığı tespit edilmeli ve plan aşamalarında bu yolların doğru kaynak kullanımları ile planlanması gerekmektedir.
- Maçka OİŞ sınırları içinde yeni planlanması yapılacak orman yollarında, ekolojik etkinlik için “bölmelere bağlantı sayısı” ile “akarsu yataklarına uzaklık”, ekonomik etkinlik için “ortalama yol aralık mesafesi” ile “emval miktarı”, sosyal etkinlik için “kazı şevi yeşillenme oranı” ile “yol eğimi” ve teknik etkinlik için “ortalama yol aralık mesafesi” ile “karşılaşma noktaları” değişkenlerine dikkat edilmesi önem arz etmektedir.

6. KAYNAKÇA

- Abbasi, M., Piccioni, C., Sierpiński, G., & Farzin, I. (2022). Analysis of crash severity of texas two lane rural roads using solar altitude angle based lighting condition. *Sustainability*, 14, 1692. doi:10.3390/su14031692
- Acar, H. H. (2005). *Orman Yolları*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Ders Teksirleri Serisi:82.
- Acar, H. H. (2015). Environmental sensitive road planning and transportation techniques in forest engineering. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66. doi:10.17099/jffiu.79204
- Acar, H. H., & Ünver, S. (2007). Mevcut Orman Yollarının Puanlandırılması Ve Değerlendirilmesi. *Orman Mühendisleri Odası Yayın Organı*, 37–39,.
- Acar, H. H., Dursun, E., Gulci, S., & Gümüş, S. (2017). Assessment of road network planning by using GIS-based multi-criteria evaluation for conversion of coppice forest to high forest. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3), 2380–2388.
- Acer, A. (2021). Lojistik Faaliyetlerde Antrepoların Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Belirlenmesi (Determining the Efficiency of Entrepots in Logistics Activities by Data Envelopment Analysis). *Journal of Business Research - Turk*, 4, 2976–2989. doi:10.20491/isarder.2021.1302
- Ada, N. (2011). *Orman yollarının kalite değerlendirmesine yönelik ölçüt ve göstergelerin belirlenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Ahmed, S. E., Lees, A. C., Moura, N. G., Gardner, T. A., Barlow, J., Ferreira, J., & Ewers, R. M. (2014). Road networks predict human influence on Amazonian bird communities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281, 20141742. doi:10.1098/rspb.2014.1742
- Akay, A. E. (2006). Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model. *Sadhana*, 31, 621–633. doi:10.1007/bf02715918
- Akay, A. E., & Sessions, J. (2005). Applying the Decision Support System, TRACER, to Forest Road Design. *Western Journal of Applied Forestry*, 20, 184–191. doi:10.1093/wjaf/20.3.184
- Akay, A. O. (2023). Wood harvesting efficiency analysis of regional forest directorates in Turkey: k-means clustering and data envelopment analysis approach. *International Journal of Forest Engineering*, 34, 176–189. doi:10.1080/14942119.2022.2139586
- Akbarimehr, M., & Naghdi, R. (2012). Reducing erosion from forest roads and skid trails by management practices. *Journal of Forest Science*, 58, 165–169. doi:10.17221/136/2010-jfs

- Akdemir. (2022). Kocaeli'nin Gastronomi Turizmi Potansiyeli Üzerine Bir İnceleme. *Şura Akademi*, 1, 91–103.
- Akdemir, D., & Özdemir, İ. (2015). Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki kızılçam ormanlarında uygulanan tıraşlama kesimlerinin kuşlar üzerindeki etkileri. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 16. doi:10.18182/tjf.07148
- Aksu, H. S., Güneş, S. G., & Kaya, A. (2022). Covid-19 Küresel Salgını Sürecinde Rekreasyona Aktif Katılımın Yalnızlık Algısına Etkisi (The Effect of Active Participation in Recreation on Perception of Loneliness During the Covid-19 Global Epidemic). *Türk Turizm Arastirmalari Dergisi*, 2, 83–97. doi:10.26677/tr1010.2022.922
- Akten, S., & Yücedağ, C. (2022). Investigation of park and house gardens in Çünür Neighborhood, Isparta in terms of landscape design. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23, 51–64. doi:10.17474/artvinofd.1058787
- Akyıldız, H. (2001). *İşletmelerde Motivasyon-Verimlilik İlişkisi Devlet Hava Meydanları İşletmesi Antalya Havalimanı Çalışanları Arasında Bir Örnek Olay Araştırması*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Andersen, P., & Petersen, N. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261--1264.
- Apaydın, H., & Öztürk, F. (1997). Sulama Şebekelerindeki Sanat Yapılarının Yeterliliğinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 3, 52–58. doi:10.1501/tarimbil_00000000312
- Arabatzis, G., Kolkos, G., Stergiadou, A., Kantartzis, A., & Tampekis, S. (2024). Optimal Allocation of Water Reservoirs for Sustainable Wildfire Prevention Planning via AHP-TOPSIS and Forest Road Network Analysis. *Sustainability*, 16(2), 936.
- Aricak, B. (2015). Using remote sensing data to predict road fill areas and areas affected by fill erosion with planned forest road construction: a case study in Kastamonu Regional Forest Directorate (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 1–10. doi:10.1007/s10661-015-4663-7
- Arslan, A. (2002). Kamu Harcamalarında Verimlilik, Etkinlik ve Denetim. *Maliye Dergisi*, 140, 2, 1–14.
- Asker, V. (2021). Havayolu İşletmelerinde İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10, 2373–2385. doi:10.33206/mjss.795885
- Avcı, M., & Boz, K. (2017). Fire Problem, Distribution of Fires and Analysis of Important Fires in Mersin-Gülnar Forests. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18, 160–170. doi:10.18182/tjf.292769
- Aydemir, Z. C. (2002). *Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*. Ph.D. dissertation, DPT, Ankara.

- Aydın, F., & Demir, A. (2021). Endangered species in Turkey: A specific review of endangered Fabaceae species with IUCN Red List data. *Turkish Journal of Biodiversity*, 4, 53–65. doi:10.38059/biodiversity.832706
- Aydın, M. M., & Topal, A. (2019). Effects of Pavement Surface Deformations on Traffic Flow. *Transport*, 34, 204–214. doi:10.3846/transport.2019.8631
- Aykut, T., & Demir, M. (2005). Türkiye'de orman yollarının durumu, değerlendirilmesi ve önemi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 55, 37–51.
- Bajjali, W. (2017). *ArcGIS for environmental and water issues*. Springer.
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., & Maindiratta, A. (1988). A Comparison of DEA and Translog Estimates of Production Frontiers Using Simulated Observations from a Known Technology. *Applications of Modern Production Theory: Efficiency and Productivity* (s. 33–55). içinde Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-009-3253-1_2
- Barth, M., & Boriboonsomsin, K. (2009). Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14, 400–410. doi:10.1016/j.trd.2009.01.004
- Bayoğlu, S. (1965). Türkiye’de orman yol Şebekelerinin tanzimine ait esaslar. *Orman Genel Müdürlüğü Yayın*.
- Bayoğlu, S., & Seçkin, Ö. B. (1982). *Forest Road Construction Work and Benefits in Turkey*. İstanbul University Faculty of Forestry Publication ID:2883/307, İstanbul.
- Bayramoğlu, M. M. (2013). *Devlet Orman İşletmelerinin Etkinlik Düzeylerinin Ölçülmesi: Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Bayramoğlu, M., & Toksoy, D. (2017). Veri zarflama analizinin ormancılıkta kullanımı. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18, 82–82. doi:10.18182/tjf.273413
- Baysal, İ., Uçarlı, Y., & Bilgili, E. (2017). Forest Fires and Birds. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 543–553. doi:10.17475/kastorman.287931
- Benítez-López, A., Alkemade, R., & Verweij, P. A. (2010). The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation*, 143, 1307–1316. doi:10.1016/j.biocon.2010.02.009
- Bergès, L., Chevalier, R., & Avon, C. (2012). Influence of forest road, road-surfacing material and stand age on floristic diversity and composition in a nutrient-poor environment. (M. Hermy, Ed.) *Applied Vegetation Science*, 16, 470–479. doi:10.1111/avsc.12019
- Bicknell, J. E., Struebig, M. J., Edwards, D. P., & Davies, Z. G. (2014). Improved timber harvest techniques maintain biodiversity in tropical forests. *Current Biology*, 24, R1119–R1120. doi:10.1016/j.cub.2014.10.067

- Bilici, E. (2009). A Study on the integration of Firebreaks and fireline with Forest Roads Networks and It's Planning and Construction (A Case Study of Gallipoly National Park. *Forestist*, 59. doi:10.17099/jffiu.66756
- Bjorklund, E. S. (2006). Environmental Statement 2005, Wood Supply Europe Report, Stora Enso Forest Product. *Environmental Statement 2005, Wood Supply Europe Report, Stora Enso Forest Product*.
- Blake, S., Strindberg, S., Boudjan, P., Makombo, C., Bila-Isia, I., Ilambu, O., . . . Maisels, F. (2007). Forest Elephant Crisis in the Congo Basin. (G. M. Mace, Ed.) *PLoS Biology*, 5, e111. doi:10.1371/journal.pbio.0050111
- Bont, L. G., Fraefel, M., & Fischer, C. (2018). A Spatially Explicit Method to Assess the Economic Suitability of a Forest Road Network for Timber Harvest in Steep Terrain. *Forests*, 9, 169. doi:10.3390/f9040169
- Buchanan, B. P., Falbo, K., Schneider, R. L., Easton, Z. M., & Walter, M. T. (2012). Hydrological impact of roadside ditches in an agricultural watershed in Central New York: implications for non-point source pollutant transport. *Hydrological Processes*, 27, 2422–2437. doi:10.1002/hyp.9305
- Budzyński, M., & Bruski, D. (2018). Assessing vehicle restraint systems on horizontal curves. (K. Jamroz, J. Żukowska, & A. Romanowska, Eds.) *MATEC Web of Conferences*, 231, 01004. doi:10.1051/mateconf/201823101004
- Buys, P., Deichmann, U., & Wheeler, D. (2010). Road Network Upgrading and Overland Trade Expansion in Sub-Saharan Africa. *Journal of African Economies*, 19, 399–432. doi:10.1093/jae/ejq006
- Calvi, A., Benedetto, A., & D'Amico, F. (2015). Driver reaction time to avoid collisions during a mobile phone conversation. *Proceedings of 2015 Road Safety & Simulation International Conference*, (pp. 690–701). Orlando.
- Cao, L., Zhang, K., Dai, H., & Liang, Y. (2013, October). Modeling Interrill Erosion on Unpaved Roads in the Loess Plateau of China. *Land Degradation & Development*, 26, 825–832. doi:10.1002/ldr.2253
- Castañeda, J. E., & Hernandez, G. M. (2017). Arquitectura para la automatización del proceso de carga de información geográfica exigida en los informes de cumplimiento ambiental -ICA- : caso de estudio Colombia. *Ingenierías USBMed*, 8, 12–18. doi:10.21500/20275846.2596
- Cesur, İ., & Bulut, A. (2023). A review on the decisions of the Supreme Court of Appeals regarding the crime of forest burning in Türkiye. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 10, 90–104. doi:10.17568/ogmoad.1194840
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1979). Measuring the efficiency of decision-making units. *European journal of operational research*, 3(4), 339.

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis To Program Follow Through. *Management Science*, 27, 6, 668–697. doi:10.1287/mnsc.27.6.668
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1994). Basic DEA Models. In *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications* (pp. 23–47). Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-011-0637-5_2
- Clements, G. R., Lynam, A. J., Gaveau, D., Yap, W. L., Lhota, S., Goosem, M., . . . Laurance, W. F. (2014). Where and How Are Roads Endangering Mammals in Southeast Asia's Forests? (L. Kumar, Ed.) *PLoS ONE*, 9, e115376. doi:10.1371/journal.pone.0115376
- Coelli, T., Rao, D. S., & Battese, G. E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (Second ed.). New York., 331 s: Springer US. doi:10.1007/978-1-4615-5493-6
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15, 396–406. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006
- Crickard III, P. (2014). *Leaflet. js essentials*. Packt Publishing Ltd.
- Çalışkan, E. (2003). *Dağlık arazide orman yolu sanat yapılarının yerlerinin ve boyutlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003.
- Çalışkan, E. (2013). Environmental impacts of forest road construction on mountainous terrain. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 10, 1–8. doi:10.1186/1735-2746-10-23
- Çalışkan, E., & Karahalil, U. (2017). Evaluation of forest road network and determining timber extraction system using GIS: a case study in Anbardağ planning unit. *Şumarski list*, 141, 163–171. doi:10.31298/sl.141.3-4.6
- Çalışkan, E., & Sevim, Y. (2022). Forest road extraction from orthophoto images by convolutional neural networks. *Geocarto International*, 37(26), 11671–11685.
- Çalışkan, E., Bediroglu, Ş., & Yildirim, V. (2019). Determination forest road routes via GIS-based spatial multi-criterion decision methods. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(1).
- Çekin, İ. (1999). Veri zarflama yönteminin uygulamaya hazırlanması. *MPM Verimlilik Ölçme ve İzleme Bölümü, Ankara*.
- Çellek, S. (2022). The Effect of Aspect on Landslide and Its Relationship with Other Parameters. In *Landslides*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.99389
- Çetinkaya, D. (2023). Ağaçlandırma çalışmalarında fidan kalitesinin hayatta kalmaya etkisi. *Theoretical and Applied Forestry*, 1, 5–8. doi:10.53463/tafor.2023vol1iss1pp5-8

- Çoban, H. O., & Gündoğdu, Ş. (2020). GIS-based determination of forest area changes: Case study in Çamsu Forest Sub-district. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 60–69. doi:10.18182/tjf.693465
- De Luca Cardillo, D., & Fortuna, T. (2000). A DEA model for the efficiency evaluation of nondominated paths on a road network. *European Journal of Operational Research*, 121, 549–558. doi:10.1016/s0377-2217(99)00053-3
- Delgado, J. D., Arroyo, N. L., Arévalo, J. R., & Fernández-Palacios, J. M. (2007). Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). *Landscape and Urban Planning*, 81, 328–340. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.01.005
- Delikdaş, E. (2002). Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi. *ODTÜ Geliştirme Dergisi*, 29, 247–284.
- Deljouei, A., Abdi, E., Marcantonio, M., Majnounian, B., Amici, V., & Sohrabi, H. (2017). The impact of forest roads on understory plant diversity in temperate hornbeam-beech forests of Northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 1–15. doi:10.1007/s10661-017-6105-1
- Demir, M. (2007). Impacts, management and functional planning criterion of forest road network system in Turkey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41, 56–68. doi:10.1016/j.tra.2006.05.006
- Deniz, N. (2009). *Türkiye'deki İllerin Kaynak Kullanımlarına Göre Göreli Etkinliklerinin Klasik ve Bulanık Veri Zarflama Analizi Yöntemleri İle Belirlenmesi*. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Depren, Ö. (2008). *Veri zarflama analizi ve bir uygulama*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Dilekçi, S., Marangoz, A. M., & Ateşoğlu, A. (2021). Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Geomatik*, 6, 44–53. doi:10.29128/geomatik.660623
- Ding, S., Jia, W., Su, C., Zhang, L., & Shi, Z. (2008). Neural network research progress and applications in forecast. *5th International Composium on Neural Networks* (s. 783--793). Beijing: International symposium on neural networks.
- Dizkırıncı, A. S. (2014). Borsa İstanbul Gıda, İçecek Endeksine Kote İşletmelerin Finansal Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Ölçümü ve Malmquist Endeksine Göre Karşılaştırılması. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 63, 151–170. doi:10.25095/mufad.396482
- Durusoy, E., & Mutuş, R. (2021). Yeşil Egzersizin Kronik Ağrıya, Fiziksel ve Mental Sağlığa Etkileri. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14, 351–362. doi:10.38079/igusabder.939915
- Edwards, F. A., Finan, J., Graham, L. K., Larsen, T. H., Wilcove, D. S., Hsu, W. W., . . . Hamer, K. C. (2017). The impact of logging roads on dung beetle assemblages in a

- tropical rainforest reserve. *Biological Conservation*, 205, 85–92. doi:10.1016/j.biocon.2016.11.011
- Eker, M. (2004). *Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Eker, M. (2020). Assessment on skidding roads and densities. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21, 396–406. doi:10.18182/tjf.824478
- Eker, M., & Ada, N. (2011). Orman yolu kalite analizine yönelik ölçüt ve gösterge setinin oluşturulması. *Turkish Journal of Forestry*, 12, 89–97.
- Eker, M., Acar, H. H., & Çoban, H. O. (2010). The potential ecological impacts of forest roads. *Turkish Journal of Forestry*, 11, 1302–7085, 109–125.
- Eker, O., & Abdurrahmanoğlu, D. (2022). Kahramanmaraş orman bölge müdürlüğü'nde orman yangın söndürme ekiplerinin iş tatmini üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Forest Science*, 6, 339–359. doi:10.32328/turkjforsci.10866027
- Eker, R., & Aydın, A. (2014). Ormanların heyelan oluşumu üzerindeki etkileri. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 15, 84. doi:10.18182/tjf.31067
- Erdaş, O. (1997). *Orman Yolları*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Evin, H., & Özdemir, A. (2022). Büyükşehirlerin Katı Atık Yönetimi Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Ölçülmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 42, 422–454. doi:https://doi.org/10.14520/adyusbd.1195544
- Ewan, L., Al-Kaisy, A., & Hossain, F. (2016). Safety effects of road geometry and roadside features on low-volume roads in oregon. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2580, 47–55. doi:10.3141/2580-06
- Fraefel, M., Bont, L. G., & Fischer, C. (2021). Spatially explicit assessment of forest road suitability for timber extraction and hauling in Switzerland. *European Journal of Forest Research*, 140, 1195–1209. doi:10.1007/s10342-021-01393-w
- Fransen, P., Phillips, C., & Fahey, B. (2001). Forest road erosion in new zealand: overview. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 165–174. doi:10.1002/1096-9837(200102)26:23.3.co;2-r
- Garnero, G., & Vigna, I. (2018). The potential use of GIS in silviculture. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 11, 667–679. doi:10.17265/2161-6264/2018.06.006
- Gaveau, D., Sloan, S., Molidena, E., Yaen, H., Sheil, D., Abram, N., & Meijaard, E. (2014). Four decades of forest persistence, clearance and logging on borneo. *Plos One*, 9, 101654. doi:10.1371/journal.pone.0101654

- Girardin, P., Valeria, O., & Girard, F. (2022). Measuring spatial and temporal gravelled forest road degradation in the boreal forest. *Remote Sensing*, 14, 457. doi:10.3390/rs14030457
- Goetz, J., Guthrie, R., Brenning, A., Gorsevski, P., Gessler, P., Foltz, R., & Elliot, W. (2015). Forest harvesting is associated with increased landslide activity during an extreme rainstorm on vancouver island, canada. *Natural Hazards and Earth System Science*, 15, 1311–1330. doi:10.5194/nhess-15-1311-2015
- Gold, C. M. (2020, July). Surface interpolation, spatial adjacency and GIS. *Three dimensional applications in Geographical Information Systems* (s. 21–35). içinde CRC Press.
- Gorsevski, P. V., Gessler, P. E., Foltz, R. B., & Elliot, W. J. (2006, May). Spatial Prediction of Landslide Hazard Using Logistic Regression and ROC Analysis. *Transactions in GIS*, 10, 395–415. doi:10.1111/j.1467-9671.2006.01004.x
- Grace, J., & Clinton, B. (2007). Protecting soil and water in forest road management. *Transactions of the Asabe*, 50, 1579–1584. doi:10.13031/2013.23969
- Grigolato, S. (2019). Considerations on forest road networks and related works to support the implementation of the operative guidelines of the consolidate law on forests and forest chains. *Considerations on forest road networks and related works to support the implementation of the operative guidelines of the consolidate law on forests and forest chains*. doi:10.3832/efor3175-016
- Grigolato, S., Pellegrini, M., & Cavalli, R. (2013). Temporal analysis of the traffic loads on forest road networks. *Iforest - Biogeosciences and Forestry*, 6, 255–261. doi:10.3832/ifor0773-006
- Groß, F., & Donnell, E. (2011). Case–control and cross-sectional methods for estimating crash modification factors: comparisons from roadway lighting and lane and shoulder width safety effect studies. *Journal of Safety Research*, 42, 117–129. doi:10.1016/j.jsr.2011.03.003
- Gucinski, H., Furniss, M. J., Ziemer, R. R., & Brookes, M. H. (2001). *Forest roads: a synthesis of scientific information* (Vol. 509). Forest Service: US Department of Agriculture. doi:10.2737/pnw-gtr-509
- Gülci, S., Akgül, M., Gülci, N., & Demir, M. (2021). Orman yolu güzergahlarının belirlenmesinde farklı tekniklerle üretilmiş sayısal arazi modellerinin kullanılması üzerine bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23, 654–667. doi:10.24011/barofd.908019
- Gümüş, S. (2009). Constitution of the forest road evaluation form for Turkish forestry. *African Journal of Biotechnology*, 8.
- Gümüş, S. (2017). An Evaluation of Stakeholder Perception Differences in Forest Road Assessment Factors Using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Forests*, 8, 1–9. doi:10.3390/f8050165

- Gümüş, S., & Hatay, T. Y. (2017). A cost effectiveness approach for configuration of feasible skyline yarder for specific forest regions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 4656.
- Gümüş, S., Acar, H. H., & Toksoy, D. (2007). Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142, 109–116. doi:10.1007/s10661-007-9912-y
- Gümüş, S., Ünver, S., & Hatay, T. Y. (2019). An Evaluation of General Situation and Importance of Forest Roads: Turkish Forestry. *2nd International Symposium of Forest Engineering and Technologies,(FETEC-2019), Tirana, Albania*.
- Gündüz, O. (2015). Bulanık veri zarflama ile kuru kayısı yetiştiren işletmelerin etkinlik analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21, 525–537. doi:10.1501/tarimbil_0000001354
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., . . . Townshend, J. R. (2013, November). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342, 850–853. doi:10.1126/science.1244693
- Hatay, T. Y. (2014). *Doğu Karadeniz Bölgesinde bölmeden çıkarmada kullanılabilecek uygun bir orman hava hattına ait bazı teknik özelliklerin belirlenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Hatipoğlu, İ. K., & Uzun, A. (2020). Temporal and spatial change of land use in middle and lower catchment of melet river (ordu. *Mavi Atlas*, 8, 154–168. doi:10.18795/gumusmaviatlas.704048
- Hayati, E., Majnounian, B., & Abdi, E. (2012). Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *Iforest - Biogeosciences and Forestry*, 5, 121–125. doi:10.3832/ifor0610-009.
- Heidari, M., Najafi, A., & Borges, J. (2022). Introducing new index in forest roads pavement management system. *Introducing new index in forest roads pavement management system*. doi:10.20944/preprints202207.0238.v1
- Heinrichs, S., Pauchard, A., & Schall, P. (2018). Native plant diversity and composition across a pinus radiata d.don plantation landscape in south-central chile—the impact of plantation age, logging roads and alien species. *Forests*, 9, 567. doi:10.3390/f9090567
- Hervé, D., & Vidal, S. (2007). Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern cameroon under different management. *Biodiversity and Conservation*, 17, 1821–1835. doi:10.1007/s10531-007-9276-1
- Hoch, I., & Johnston, J. (1962). Statistical Cost Analysis. *Econometrica*, 43, 2, 477–480. doi:10.2307/1910237
- Hosseini, S. A., Gorgandipur, M., & Nikooy, M. (2018). Forest road network assessment using lookout points orienting in Hyrcanian forest using GIS–Short Communication. *Journal of forest science*, 64, 402–408. doi:10.17221/45/2018-jfs

- Hruza, P. (2003). Optimization of forest road network under principles of functionally integrated forest management. *Journal of Forest Science*, 49, 439–443. doi:10.17221/4717-JFS
- Huang, W., Zhu, H., Wu, Z., Yin, X., Huo, Q., Jia, K., & Zhang, Y. (2020). Investigation of negative diel effect and miller effect for negative capacitance nanowire field-effect-transistors. *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, 8, 879–884. doi:10.1109/jeds.2020.3015492
- Islam, M., Chen, G., & Jin, S. (2019). An overview of neural network. *American Journal of Neural Networks and Applications*, 5(1), 7--11.
- Işık, K. C., & Koç, I. (2018). Hazır Beton Üretimi Yapan İşletmelerin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4, 10–24.
- Itchhaporia, D., Snow, P., Almassy, R., & Oetgen, W. (1996). Artificial neural networks: current status in cardiovascular medicine. *Journal of the American College of Cardiology*, 28(2), 515--521.
- Jacyna, M., & Wasiak, M. (2015). Costs of road transport depending on the type of vehicles. *Combustion Engines*, 162, 85–90. doi:10.19206/ce-116868
- Jeong, E., Cho, M., Cho, H., Cho, B., & Han, S. (2021). Characteristics of forest road cut slopes affecting the movement of mammals in south korea. *Forest Science and Technology*, 17, 155–161. doi:10.1080/21580103.2021.1967789
- Jiang, Z., Song, X., Xu, J., Zhu, J., Zhang, L., & Zhang, H. (2019). Analysis of forestry activities based on GIS and RS technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236, 042008.
- Jibrillah, A. M., Eniolorunda, B. G., & Ahmad, D. (2023). Monitoring the the Impacts of Climate Change and Variability on the Phenology of Natural Vegetation Using 250m MODIS-NDVI Satellite Data: Case Study of the Dryland Ecosystem of Sokoto, North-Westra Nigeria. *The Indonesian Journal of Geography*, 55, 51–58.
- Kankal, M., & Akçay, F. (2019). Trabzon ili yağışlarının eğilim analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 318-331.
- Kao, C. (1998). Measuring the Efficiency of Forest Districts with Multiple Working Circles. *Journal of the Operational Research Society*, 49, 6, 583–590. doi:10.1038/sj.jors.2600570
- Kao, C. (2000). Measuring the Performance Improvement of Taiwan Forests After Reorganization, *Forest Science*, 46. *Measuring the Performance Improvement of Taiwan Forests After Reorganization, Forest Science*, 46.
- Kao, C., & Yang, Y. (1991). Measuring the Efficiency of Forest Management. *Forest Science*, 37, 5, 1239–1252.

- Kapluhan, E. (2014). The Importance and Necessity of the Use of Geographic Information System (GIS) In Geography Teaching. *Marmara Geographical Review*, 29, 34–59.
- Kaptan Ayhan, Ç. (2019). Ayazmapınarı Tabiat Parkı'nın (Bayramiç, Çanakkale) Rekreasyonel Potansiyelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7, 219–228. doi:10.33202/comuagri.569906
- Kaptan, S. (2021). Arazi örtüsü ile meşcere gelişim çağı ve kapalılığı kategorilerindeki zamansal değişimlerin incelenmesi: karabiga orman işletme şefliği örneği. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 97–104. doi:10.18182/tjf.903733
- Kara, O., Kayacan, B. E., & M. (2013). Düzce İli Devlet Orman İşletme Müdürlüklerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Etkinliğinin Analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9, 1, 97–123.
- Kastridis, A. (2020). Impact of forest roads on hydrological processes. *Forests*, 11, 1201. doi:10.3390/f11111201
- Kaya, M., & Uzun, O. (2019). Ekosistem hizmetleri ve mekânsal planlama ilişkisinin peyzaj planlama çerçevesinde değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7, 2166–2193. doi:10.29130/dubited.546496
- Kaynar, O. (2004). *Veri Zarflama Analizi ve Göreceli Etkinlik Analizi Üzerine Bir Uygulama*. Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Sivas.
- Kazama, V. S., Corte, A. P., Robert, R. C., Sanquetta, C. R., Arce, J. E., Oliveira-Nascimento, K. A., & DeArmond, D. (2021). Global review on forest road optimization planning: Support for sustainable forest management in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 492, 119159. doi:10.1016/j.foreco.2021.119159
- Kecek, G. (2010). *Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama Örneği*. Ankara: Siyasal Kitapevi.
- Kinali, T., Erol, U., & Kaya, L. (2020). Isparta-islamköy örneğinde arazi toplulaştırma çalışmalarının mekansal olarak değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 150–163. doi:10.29048/makufebed.738375
- Kleinschroth, F., & Healey, J. (2017). Impacts of logging roads on tropical forests. *Biotropica*, 49, 620–635. doi:10.1111/btp.12462
- Kohmori, H. (2019). Forest roads cause edge effects on plant species diversity in artificial forests. *International Journal of Geomate*, 17. doi:10.21660/2019.61.7137
- Kolkos, G., Stergiadou, A., Kantartzis, A., Tampekis, S., & Arabatzis, G. (2023). Effects of forest roads and an assessment of their disturbance of the natural environment based on gis spatial multi-criteria analysis: case study of the university forest of taxiarchis, chalkidiki, greece. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 8, 425–440. doi:10.1007/s41207-023-00362-6

- Kordani, A., Shirini, B., & Yazdani, M. (2019). The effect of road shoulder and weather conditions on the occurrence of rollover crashes in two-lane highways. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. doi:10.3311/ppci.12588
- Korkmaz, M. (2011). Measuring The Productive Efficiency Of Forest Enterprises in Mediterranean Region Of Turkey Using Data Envelopment Analysis. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 19, 4522–4532.
- Kovalčík, M. (2018). Efficiency of the slovak forestry in comparison to other european countries: an application of data envelopment analysis. *Central European Forestry Journal*, 64, 46–54. doi:10.1515/forj-2017-0026
- Köroğlu, K. (1993). Verimlilik Yönetimine Japon Yaklaşımı ve Kazukiyo Kurosawa Modeli. *MPM Yayınları, Yayın No, 507*, 272.
- Kunert, N., Aparecido, L., Higuchi, N., Santos, J., & Trumbore, S. (2015). Higher tree transpiration due to road-associated edge effects in a tropical moist lowland forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 213, 183–192. doi:10.1016/j.agrformet.2015.06.009
- Küçükosmanoğlu, A., & Hasdemir, M. (1991). Importance of fire safety roads and lanes in forest road networks, *Forestist. Importance of fire safety roads and lanes in forest road networks, Forestist*.
- Lee, H., Chu, C., & Zhu, J. (2011). Super-efficiency DEA in the presence of infeasibility. *Lee, Hsuan-Shih and Chu, Ching-Wu and Zhu, Joe*, 212(1), 141--147.
- Li, H., Luo, P., Luo, C., Xie, W., Jia, H., Cheng, Y., & Huang, Y. (2022). Assessing the effect of roads on mountain plant diversity beyond species richness. *Frontiers in Plant Science*, 13. doi:10.3389/fpls.2022.985673
- Lin, Y., Chen, W., & Liu, J. (2021). Research on the temporal and spatial distribution and influencing factors of forestry output efficiency in china. *Sustainability*, 13, 4687. doi:10.3390/su13094687
- Ling, H., & Huang, B. (2021). Research on torque distribution of four-wheel independent drive off-road vehicle based on PRLS road slope estimation. (X. Jin, Ed.) *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1–11. doi:10.1155/2021/5399588
- Liu, S., Wang, J., & Fu, T. (2016). Effects of lane width, lane position and edge shoulder width on driving behavior in underground urban expressways: a driving simulator study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13, 1010. doi:10.3390/ijerph13101010
- Lu, C., Wu, X., Chen, X., & Yang, C. (2020). The energy efficiency and public health in the asean plus three cooperation. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 57, 004695802093566. doi:10.1177/0046958020935664
- Luce, C. (2002). Hydrological processes and pathways affected by forest roads: what do we still need to learn? *Hydrological Processes*, 16, 2901–2904. doi:10.1002/hyp.5061

- Luce, C., & Black, T. (1999). Sediment production from forest roads in western oregon. *Water Resources Research*, 35, 2561–2570. doi:10.1029/1999wr900135
- Lugo, A. E., & Gucinski, H. (2000). Function, effects, and management of forest roads. *Forest ecology and management*, 133, 249–262. doi:10.1016/S0378-1127(99)00237-6
- Lundmark, R., Lundgren, T., Olofsson, E., & Zhou, W. (2021). Meeting challenges in forestry: Improving performance and competitiveness. *Forests*, 12, 208. doi:10.3390/f12020208
- Manjula, K. R., Jyothi, S., & Anand Kumar Varma, S. (2010). Digitizing the forest resource map using ArcGIS. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 7(6), 300.
- Marsh, D., & Beckman, N. (2004). Effects of forest roads on the abundance and activity of terrestrial salamanders. *Ecological Applications*, 14, 1882–1891. doi:10.1890/03-5179
- Mi, S. J., Li, Y. T., Wang, F., Li, L., Ge, Y., Luo, L., & Chen, J. B. (2017). A research on monitoring surface deformation and relationships with surface parameters in Qinghai Tibetan Plateau permafrost. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 629–633. doi:10.5194/isprs-archives-42-2-w7-629-2017
- Mitreá, C., Lee, C., & Wu, Z. (2009). A comparison between neural networks and traditional forecasting methods: A case study. *International journal of engineering business management*(1), 11.
- Mohammed, S., Abdessamad, E., Saadane, R., & Hatim, K. A. (2018). Performance evaluation of spectrum sensing implementation using artificial neural networks and energy detection method. *2018 International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS)*, 1--6.
- Murphy, G., & Wing, M. G. (2005). Road sediment yields from dispersed versus clustered forest harvesting activity: a case study. *International Journal of Forest Engineering*, 16, 65–72. doi:10.1080/14942119.2005.10702515
- Nagendra, H., Southworth, J., & Tucker, C. (2003). Accessibility as a determinant of landscape transformation in western Honduras: linking pattern and process. *Landscape Ecology*, 18, 141–158.
- Neece, B. D., Loeb, S. C., & Jachowski, D. S. (2018). Variation in regional and landscape effects on occupancy of temperate bats in the southeastern. *US PLoS One*, 13, 0206857. doi:10.1371/journal.pone.0206857
- Negrín, Z., & Arévalo, J. (2016). Tree species composition and structure near road borders in the laurel forest of anaga (tenerife – islas canarias). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture*, 73, 145. doi:10.15835/buasvmcn-agr:12398

- Ning, Y., Liu, Z., Ze-kui, N., & Zhang, H. (2018). Measuring eco-efficiency of state-owned forestry enterprises in northeast china. *Forests*, 9, 455. doi:10.3390/f9080455
- Noon, C. E. (2004). Operations management. *Encyclopedia of Health Care Management*. doi:10.4135/9781412950602.n558
- Obi, O. F., & Visser, R. (2017). Operational efficiency analysis of New Zealand timber harvesting contractors using data envelopment analysis. *International Journal of Forest Engineering*, 28, 85–93. doi:10.1080/14942119.2017.1313489
- OGM. (2022a). Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Plan (2019-2023). Ocak 9, 2023 tarihinde [https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/StratejikPlan/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%20Stratejik%20Plan%20\(2019-2023\).pdf](https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/StratejikPlan/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%20Stratejik%20Plan%20(2019-2023).pdf) adresinden alındı
- OGM. (2022b). Ormancılık İstatistikleri 2022. Ocak 9, 2023 tarihinde <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Istatistikler/Ormanc%C4%B1l%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri/Ormanc%C4%B1l%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri%202022.zip>, adresinden alındı
- OGM. (2022c). Orman Genel Müdürlüğü 2022 Yılı Faaliyet Raporu. Ocak 9, 2023 tarihinde <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%202022%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf> adresinden alındı
- OGM. (2022d). *Maçka Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*. Trabzon: Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM292. (2008). Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı Tebliğ. Ocak 9, 2023 tarihinde [https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi/Tebliğler/Orman%20Yollar%C4%B1%20Planlamas%C4%B1,%20Yap%C4%B1m%C4%B1%20ve%20Bak%C4%B1m%C4%B1%20\(292%20Say%C4%B1%C4%B1%20Tebli%C4%9F\).pdf](https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi/Tebliğler/Orman%20Yollar%C4%B1%20Planlamas%C4%B1,%20Yap%C4%B1m%C4%B1%20ve%20Bak%C4%B1m%C4%B1%20(292%20Say%C4%B1%C4%B1%20Tebli%C4%9F).pdf), adresinden alındı
- OGM299. (2017). Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar. Kasım 01, 2023 tarihinde <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi/Tebliğler/Ekosistem%20Tabanlı%C4%B1%20Fonksiyonel%20Orman%20Amenajman%20Planlar%C4%B1n%C4%B1n%20D%C3%BCzenlenmesine%20Ait%20Usul%20ve%20Esaslar.pdf> adresinden alındı
- Onaran, S. (2006). *Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Üniversite Kütüphanelerinin Performanslarının Değerlendirilmesi*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Oruç, K. O. (2008). *Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.

- Özkan, A., & Inaç, S. (2017). Review on rehabilitation of burning areas and fire resistant forests project in karaisalı forest management directorate. *Turkish Journal of Forest Science*, 1, 59–74. doi:10.32328/turkjforsci.299976
- Öztürk. (2003). *Devlet Orman İşletmelerinde İşletme Amaç ve Stratejilerinin Belirlenmesi: Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Öztürk. (2020). Temporal Change of Drainage Structures in Forest Roads (Study of Bentler Forest Enterprise 2009-2019). *European journal of forest engineering*. doi:10.33904/ejfe.721965
- Öztürk, G., & Engindeniz, S. (2018). Muğla’da Örtüaltı Domates Üretiminde Girdi Kullanım Etkinliğinin Analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 24, 175–183. doi:10.24181/tarekoder.463491
- Öztürk, T., Doğan, H., & Başar, O. (2022). Orman yolunda uygulanan yeni tip çelik köprü (vize orman işletme müdürlüğü örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24, 13–24. doi:10.24011/barofd.1009284
- Özyiğit, T., Serarslan, M. N., & Karsak, E. E. (2008). Türkiye’de Elektrik Üretimi İçin Enerji Kaynaklarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *İTÜ Dergisi*, 7(5), 55–66.
- Paradi, J. C., & Schaffnit, C. (2004). Commercial Branch Performance Evaluation And Results Communication in A Canadian Bank - A Dea Application. *European Journal of Operational Research*, 156, 3, 719–735. doi:10.1016/s0377-2217(03)00108-5
- Parsakhoo, A. (2016). echnical assessment of forest road network using Backmund and surface distribution algorithm in a hardwood forest of Hyrcanian zone. *Forest systems*, 25(2), e059--e059.
- Pauchard, A., & Alaback, P. (2004). Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of south-central chile. *Conservation Biology*, 18, 238–248. doi:10.1111/j.1523-1739.2004.00300.x
- Pérez-Martínez, P., & Vassallo, J. (2013). Changes in the external costs of freight surface transport in spain. *Research in Transportation Economics*, 42, 61–76. doi:10.1016/j.retrec.2012.11.006
- Peyrov, S., Najafi, A., & Nourodini, A. R. (2016). Predicting the earthwork width and determining the annual growth loss due to forest road construction using artificial neural network and ArcGIS. *Journal of Forest Science*, 62, 337–344. doi:10.17221/110/2015-jfs
- Poor, E. E., Jati, V. I., Imron, M. A., & Kelly, M. J. (2019). The road to deforestation: edge effects in an endemic ecosystem in sumatra, indonesia. *Plos One*, 14, 0217540. doi:10.1371/journal.pone.0217540
- Prendes, C., Buján, S., Ordóñez, C., & Canga, E. (2019). Large scale semi-automatic detection of forest roads from low density lidar data on steep terrain in northern spain. *Iforest - Biogeosciences and Forestry*, 12, 366–374. doi:10.3832/ifor2989-012

- Prentkovskis, O., Tretjakovas, J., Švedas, A., Bieliatynskiy, A., Daniūnas, A., & Krayushkina, K. (2012). The analysis of the deformation state of the double-wave guardrail mounted on bridges and viaducts of the motor roads in lithuania and ukraine. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18, 761–771. doi:10.3846/13923730.2012.731252
- Rahbarisisakht, S., Moayeri, M., Hayati, E., Sadeghi, S., Kepfer-Rojas, S., Pahlavani, M., & Borz, S. (2021). Changes in soil's chemical and biochemical properties induced by road geometry in the hyrcanian temperate forests. *Forests*, 12, 1805. doi:10.3390/f12121805
- Ratkevičiūtė, K. (2010). Model for the substantiation of road safety improvement measures on the roads of Lithuania. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 5, 116–123. doi:10.3846/bjrbe.2010.17
- Rich, A., Dobkin, D., & Niles, L. (1994). Defining forest fragmentation by corridor width: the influence of narrow forest-dividing corridors on forest-nesting birds in southern new jersey. *Conservation Biology*, 8, 1109–1121. doi:10.1046/j.1523-1739.1994.08041109.x
- Rybczewska-Błażejowska, M., & Masternak-Janus, A. (2018). *Eco-efficiency assessment of Polish regions: Joint application of life cycle assessment and data envelopment analysis* (Vol. 172). doi:10.1016/j.jclepro.2017.10.204
- Saad, A., Shams-Elden, S., & Obada, O. (2023). GIS-based suitability analysis for Solar Homestead Sites (Case Study: Sheikh Zayed Area, 6th Of October City in Egypt. *Engineering Research Journal - Faculty of Engineering (Shoubra)*, 52, 142–149. doi:10.21608/erjsh.2022.152700.1068
- Saklaurs, M., & Baltmanis, R. (2014). The effect of roads on the movement of large and mid-sized mammals. *Environmental and Climate Technologies*, 14, 23–29. doi:10.1515/rtuect-2014-0010
- Seçkin, Ö. (1984). Türkiye'de orman yol şebeke planlarının düzenlenmesi ve etüd aplikasyonu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 34, 112–125.
- Seif, E., & Bahabri, A. (2019). Rockfall hazards assessment along the aswan–cairo highway, sohag governorate, upper egypt. *Natural Hazards*, 99, 991–1005. doi:10.1007/s11069-019-03788-w
- Semlitsch, R., Ryan, T., Hamed, K., Chatfield, M., Drehman, B., Pekarek, N., & Watland, A. (2006). Salamander abundance along road edges and within abandoned logging roads in appalachian forests. *Conservation Biology*, 21, 159–167. doi:10.1111/j.1523-1739.2006.00571.x
- Sessions, J. (2007). *Forest Road Operations in the Tropics*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Shiba, M. (1997). Measuring the Efficiency on Managerial and Technical Performances in Forestry Activities by Means of Data Envelopment Analysis (DEA. *Journal of Forest Engineering*, 8,1, 7–19.

- Singh, J., & Banerjee, R. (2019). A study on single and multi-layer perceptron neural network. *2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (s. 35--40). Erode: IEEE. doi:10.1109/ICCMC.2019.8819775
- Skapura, D. (1996). *Building neural networks*. New York: Addison-Wesley Professional.
- Soulis, K., Dercas, N., & Papadaki, C. (2014). Effects of forest roads on the hydrological response of a small-scale mountain watershed in greece. *Hydrological Processes*, 29, 1772–1782. doi:10.1002/hyp.10301
- Spellerberg, I. (1998). Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography*, 7, 317–333. doi:10.1046/j.1466-822x.1998.00308.x
- Stefanović, B., Stojnić, D., & Danilović, M. (2016). Multi-criteria forest road network planning in fire-prone environment: a case study in Serbia. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59, 911–926. doi:10.1080/09640568.2015.1045971
- Storeygard, A. (2016). Farther on down the road: transport costs, trade and urban growth in sub-saharan africa. *The Review of Economic Studies*, 83, 1263–1295. doi:10.1093/restud/rdw020
- Strange, N., Bogetoft, P., Aalmo, G. O., Talbot, B., Holt, A. H., & Astrup, R. (2021). Applications of dea and sfa in benchmarking studies in forestry: state-of-the-art and future directions. *International Journal of Forest Engineering*, 32, 87–96. doi:10.1080/14942119.2021.1914809
- Stückelberger, J. A., Heinimann, H. R., & Burlet, E. C. (2006). Modeling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. *European Journal of Forest Research*, 125, 377–390. doi:10.1007/s10342-006-0123-9
- Suharyanto, A. (2021). Estimating flood inundation depth along the arterial road based on the rainfall intensity. *Civil and Environmental Engineering*, 17, 66–81. doi:10.2478/cee-2021-0008
- Sukojo, B. M., & Lisakiyanto, D. R. (2021). Web-Based Geographic Information System Development of Hotspots Distribution for Monitoring Forest and Land Fires Using Leaflet JavaScript Library (Case Study: Ogan Komering Ilir Regency, South Sumatera). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 936, s. 012010. Indonesia (Virtual): IOP Publishing.
- Şafak, İ., Altay, G. Ü., Akkaş, M., Portakal, S. Ü., Gediklili, M., & Kanat, Ş. M. (2013). Efficiency Determination of the Forest Sub-Districts By Using Fuzzy Data Envelopment Analysis (Case Study: İzmir Forest Regional Directorate. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1, 1–19.
- Şahin, İ. E., & Akkoyuncu, H. (2019). Türk sigortacılık sektöründe faaliyet gösteren hayat dışı sigorta şirketlerinin etkinlik analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 22, 840–852.

- Tabak Aydın, H., & Kara, O. (2022). Reklam harcamalarının ticari bankaların rekabet gücüne etkisi: bootstrap tahminli veri zarflama analizi. *İzmir İktisat Dergisi*, 37, 501–521. doi:10.24988/ije.1005779
- Tahir, M., Annas, C., Mufid, M. R., Yunanto, A. A., Kurniasari, A. A., & Shofyan, A. (2022). Geographic Information System of Fish Farmers Location in Tulungagung District Using Leaflet. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Social Science 2022 (iCAST-SS 2022)* (pp. 681–685). Atlantis Press. doi:10.2991/978-2-494069-83-1_118
- Tampekis, S., Sakellariou, S., Samara, F., Sfougaris, A., Jaeger, D., & Christopoulou, O. (2015). Mapping the optimal forest road network based on the multicriteria evaluation technique: the case study of Mediterranean Island of Thassos in Greece. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 1-17.
- Tarım, S. A., & Karan, M. B. (2001). Investment fund performance measurement using weight-restricted data envelopment analysis: An application to the Turkish capital market. *Russian & East European Finance and Trade*, 37, 64–84.
- Tavşanoğlu, F. (1973). Orman yol şebekelerinin planlanması, orman yollarının yapımı ve ormandaki taşıma ile ilgili bazı önemli ve pratik konular. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 26, 27–49.
- Tezcan, B., & Eren, T. (2022). Orman yangınına sebep olan kriterlerin bulanık ortamda değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 1–1. doi:10.2339/politeknik.1138806
- Thomas, R., & Megahan, W. (1998). Peak flow responses to clear-cutting and roads in small and large basins, western cascades, oregon: a second opinion. *Water Resources Research*, 34, 3393–3403. doi:10.1029/98wr02500
- Thompson, M., Gannon, B., & Caggiano, M. (2021). Forest roads and operational wildfire response planning. *Forests*, 12, 110. doi:10.3390/f12020110
- Tokmanoğlu, T. (1974). Düzenli ormancılık yönünden orman köy ilişkilerinin doğurduğu sorunlar ve çözüm yolları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 113–118.
- Toma, P., Miglietta, P. P., Morrone, D., & Porrini, D. (2020). Environmental risks and efficiency performances: the vulnerability of italian forestry firms. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27, 2793–2803. doi:10.1002/csr.2002
- Trombulak, S. C., & Frissell, C. A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation biology*, 14, 18–30. doi:10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x
- Türk, Y., Aydın, A., & Eker, R. (2022). Comparison of Autonomous and Manual UAV Flights in Determining Forest Road Surface Deformations. *European Journal of Forest Engineering*, 8, 77–84. doi:10.33904/ejfe.1206846

- Türker, P. M., & Öztürk, A. (2005). In M. Merlo, & L. Croitoru (Eds.), *Valuing Mediterranean Forests: Towards Total Economic Value* (p. 406). Turkey: CABI Publishing.
- URL-1. (2023, Ocak 9). Çalışmanın Kod Döküman Web Sitesi: <https://github.com/ArresT-AnarchY/Arcpy-VZA-Forest-Roads> adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023, Ocak 9). Çalışmanın Online Haritası: https://tahayasin.com/VZA_DEA/ adresinden alınmıştır.
- Ünver, S. (2013). Orman Yollarında Puanlandırma Yöntemiyle Yol Kalite Sınıflarının Belirlenmesi: Karanlıkdere Örneği". *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 211–219.
- Van Der Hoorn, P. (2018). Average nearest neighbor degrees in scale-free networks. *Internet Mathematics*. doi:10.24166/im.02.2018
- Vatandaşlar, C., & Demir, M. (2015). Orman yollarının doğal afetlerde acil ulaşım yolu olarak kullanım olanakları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66, 369. doi:10.17099/jffiu.63832
- Viitala, E. J., & H. (1998). Measuring the Efficiency of Public Forestry Organizations. *Forest Science*, 44, 2, 298–307.
- Votsi, N., Mazaris, A., Kallimanis, A., Zomeni, M., Vogiatzakis, I., Sgardelis, S., & Pantis, J. (2012). Road effects on habitat richness of the greek natura 2000 network. *Nature Conservation*, 1, 53–71. doi:10.3897/natureconservation.1.2086
- Walker, R., Arima, E., Messina, J., Soares-Filho, B., Perz, S., Vergara, D., & Castro, W. (2013). Modeling spatial decisions with graph theory: logging roads and forest fragmentation in the Brazilian Amazon. *Ecological applications*, 23, 239–254. doi:10.1890/11-1800.1
- Wemple, B., Jones, J., & Grant, G. (1996). Channel network extension by logging roads in two basins, western cascades, oregon1. *Jawra Journal of the American Water Resources Association*, 32, 1195–1207. doi:10.1111/j.1752-1688.1996.tb03490.x
- Xie, S., Ji, X., Yang, W., Fang, R., & Hao, J. (2020). Exploring risk factors with crash severity on china two-lane rural roads using a random-parameter ordered probit model. *Journal of Advanced Transportation*, 1–14. doi:10.1155/2020/8870497
- Yaman, Y., & Keleş, S. (2023). Orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının konumsal ve zamansal değişiminin analiz edilmesi: alara planlama birimi örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9, 28–41. doi:10.53516/ajfr.1255843
- Yao, D. a. (2017). Average nearest neighbor degrees in scale-free networks. *arXiv preprint arXiv:1704.05707*, 2017.
- Yapıcı, A., & Solmaz, Ö. (2019). Efficiency and technical analysis of the turkish national team in 2017 women's european volleyball championship<p>2017 kadınlar

- avrupa voleybol şampiyonasına katılan türk milli takımının teknik ve etkinlik analizi. *Journal of Human Sciences*, 15, 2568. doi:10.14687/jhs.v15i4.5608
- Yaşa, A. (2008). *Bankacılık Sektöründe Etkinlik ve Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Ölçülmesi*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yiğit, V., & Esen, H. (2017). Pabon Lasso modeli ve veri zarflama analizi ile hastanelerde performans ölçümü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 8, 26–32. doi:10.22312/sdusbed.303864
- Yılmaz, E. (2016). Yanan orman alanlarının rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projesi (yardop) üzerine bir inceleme. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1, 14. doi:10.17568/oat.24156
- Yolalan, R. (1993). İşletmeler arası Görel Etkinlik Ölçümü, Milli Prodüktivite Yayınları No:483, Ankara. *İşletmeler arası Görel Etkinlik Ölçümü, Milli Prodüktivite Yayınları No:483, Ankara*.
- Yorulmaz, G. (2021). *Orman yolu dolgu şevlerinde zamana bağlı doğal bitkilenme ve erozyonun azalmasındaki etkileri*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zadmirzaei, M., Mohammadi Limaiei, S., Olsson, L., & Amirteimoori, A. (2016). Measuring the performance and returns to scale of forest management plans using data envelopment analysis approach (Case study; Iranian Caspian forests. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 14, 155–164.
- Zápotocký, V., & Koreň, M. (2022). Online shareable mapping in forestry. *Forests*, 13, 210.
- Zare, N., Hosseini, S. A., Hafizi, M. K., Najafi, A., Majnounian, B., & Geertsema, M. (2021). A Comparison of an adaptive neuro-fuzzy and frequency ratio model to landslide-susceptibility mapping along forest road networks. *Forests*, 12, 1087. doi:10.3390/f12081087
- Zeng, S., & Liao, W. (2016). A decision optimization model for forest resources management based on GIS. *Journal of Forestry Research*, 27, 1355–1364.
- Zeng, S., Liu, R., Ya, Z., & He, X. (2021). Research on provincial forestry investment efficiency in china. *Advances in Management and Applied Economics*, 1–28. doi:10.47260/amae/1151
- Zhang, X., Zhou, J., Sun, S., Sun, R., & Qin, M. (2015). Numerical investigation of low NOx combustion strategies in tangentially-fired coal boilers. *Fuel*, 142, 215–221. doi:10.1016/j.fuel.2014.11.026
- Zhou, T., Luo, X., Hou, Y., Xiang, Y., & Shaolin, P. (2019). Quantifying the effects of road width on roadside vegetation and soil conditions in forests. *Landscape Ecology*, 35, 69–81. doi:10.1007/s10980-019-00930-8

Zou, Y., Zhang, Y., & Cheng, K. (2021). Exploring the impact of climate and extreme weather on fatal traffic accidents. *Sustainability*, 13, 390. doi:10.3390/su13010390



7. EKLER

EK-1. Orman yolları arazi karneleri (Ek Tablo 1-20)

Ek Tablo 1. 4380-001 kodlu orman yolunun arazi verileri

[illegible]

Ek Tablo 6. 4380-005 kodlu orman yolunun arazi verileri

ÖAT	PG	BG	HG	YG	AYY	KŞY	KŞYO	ÜYD	YBŞH	YKY	KN	YE	İG
0+000	4.6	1	1.6	7.2	6	2.6	60	26	1	5	2	7.16	9.8
0+500	4.7	0.6	0.1	5.4	11	9.1	20	11	0	3	0		
1+000	4.5	0.1	2.2	6.8	9.8	6.5	60	11	2	5	1		
1+500	4.1	0.5	1.8	6.4	6.6	9.3	70	30	1	6	1		
2+000	4.3	1.1	0.1	5.5	6.8	7.4	80	33	0	3	1		
2+500	4.4	0.3	1	5.7	14.6	3	95	9	0	6	1		
3+000	5.1	0.3	0.8	6.2	1.5	1.5	60	9	0	5	1		
3+500	4.1	0.1	0.8	5	0.1	4.8	80	10	2	10	4		
4+000	4.2	0.2	0.9	5.3	0.1	4.2	90	18	1	5	4		
4+500	4.2	0.2	0.9	5.3	3	4.6	95	16	0	5	2		
5+000	3.7	0.3	0.8	4.8	0.3	2	95	61	0	5	0		
5+500	4	0.5	0.1	4.6	0.1	2.1	80	27	0	3	2		
6+000	4	0.5	0.5	5	4.3	2.7	95	82	0	5	1		
6+500	4	0.6	0.6	5.2	4.6	3.3	95	52	1	6	3		
7+000	4.1	0.8	0.1	5	4.6	1	90	12	0	4	1		
7+500	4.3	0.5	0.2	5	5.3	4.5	85	19	0	4	2		
8+000													
ORT.	4.3	0.5	0.8	5.5	4.9	4.3	78.1					7.16	9.8
TOP.								426	8	80	26		

Yol Tülü (m): 7+719, Yol Deformasyon (m⁻¹): 18.12, Emval Miktarı (m³): 32706

ÖAT: Örnek Alınan Tül (m), **PG:** Platform Genişliği (m), **BG:** Banket Genişliği (m), **HG:** Hendek Genişliği (m), **YG:** Yol Genişliği (m), **AYY:** Ağaçların Yola Yakınlığı (m), **KŞY:** Kazı Şevi Yüksekliği (m), **KŞYO:** Kazı Şevi Yeşillenme Oranı, **ÜYD:** Üst Yapı Durumu (Göçük Sayısı), **YBŞH:** Yol Boyu Şevi ve Heyelan Sayısı, **YKY:** Yatay Kurp Sayısı, **KN:** Karşılaşma Noktası Sayısı, **YE:** Yolun Eğimi (%), **İG:** İnşaat Genişliği (m)

Ek Tablo 7. 4380-008 kodlu orman yolunun arazi verileri

[illegible]

[illegible]

Ek Tablo 9. 4380-0010 kodlu orman yolunun arazi verileri

[illegible]

Ek Tablo 10. 4380-012 kodlu orman yolunun arazi verileri

ÖAT	PG	BG	HG	YG	AYY	KŞY	KŞYO	ÜYD	YBŞH	YKY	KN	YE	İG
0+000	3.9	0.2	0.3	4.4	2.4	6.8	80	12	0	2	2	5	9.6
0+500	4.1	0.2	0.3	4.6	3.1	3.7	85	27	2	4	2		
1+000	3.7	0.1	0.1	3.9	3.4	4.3	75	38	1	3	3		
1+500	4	0.3	0.5	4.8	0.8	3.1	80	32	1	4	3		
2+000	3.8	0.2	0.4	4.4	3.1	2.6	80	34	3	4	4		
2+500	3.8	0.1	0.1	4	2.2	2.8	75	21	1	5	4		
3+000	3.7	0.1	0.1	3.9	3.6	2.4	95	18	1	3	1		
3+500	3.8	0.1	0.1	4	1.5	4.3	95	19	1	4	2		
4+000	3.9	0.3	0.4	4.6	5.7	1.1	90	24	0	5	2		
4+500	3.8	0.1	0.3	4.2	5	4.3	80	22	1	2	1		
5+000	4.1	0.5	0.5	5.1	4.2	5	80	16	1	2	2		
5+500	3.8	0.3	0.4	4.5	0.7	3.7	85	30	3	5	2		
6+000	3.8	0.5	0.5	4.8	0.1	4.3	90	25	2	3	2		
6+500	3.8	0.3	0.4	4.5	1.4	3.8	85	29	2	3	1		
7+000	3.8	0.5	0.5	4.8	1.3	3.3	85	33	8	11	3		
7+500	4.1	0.5	0.5	5.1	3	8.1	80	19	4	6	0		
8+000	4	0.5	0.5	5	4.3	3.7	80	25	3	6	3		
8+500	3.9	0.5	0.5	4.9	4.3	4.1	60	32	2	7	5		
9+000	4	0.5	0.5	5	21.2	18.4	30	4	1	6	2		
9+500													
ORT.	3.9	0.3	0.4	4.6	3.8	4.7	79.5					5	9.6
TOP.								460	37	85	44		
Yol Tülü (m): 9+294, Yol Deformasyon (m ⁻¹): 20.21, Emval Miktarı (m ³): 17106													
ÖAT: Örnek Alınan Tül (m), PG: Platform Genişliği (m), BG: Banket Genişliği (m), HG: Hendek Genişliği (m), YG: Yol Genişliği (m), AYY: Ağaçların Yola Yakınlığı (m), KŞY: Kazı Şevi Yüksekliği (m), KŞYO: Kazı Şevi Yeşillenme Oranı, ÜYD: Üst Yapı Durumu (Göçük Sayısı), YBŞH: Yol Boyu Şevi ve Heyelan Sayısı, YKY: Yatay Kurp Sayısı, KN: Karşılaşma Noktası Sayısı, YE: Yolun Eğimi (%), İG: İnşaat Genişliği (m)													

Ek Tablo 11. 4380-013 kodlu orman yolunun arazi verileri

ÖAT	PG	BG	HG	YG	AYY	KŞY	KŞYO	ÜYD	YBŞH	YKY	KN	YE	İG
0+000	4	0.5	0.5	5	5	4.3	60	12	0	5	3	5.45	11.7
0+500	4.2	0.5	0.6	5.3	0.1	1.5	70	26	0	5	5		
1+000	4	0.5	0.5	5	5	2.9	80	18	2	3	2		
1+500	4	0.5	0.5	5	4.4	3.3	80	6	0	3	1		
2+000	3.9	0.5	0.5	4.9	23.2	2.2	85	34	3	4	2		
2+500	4	0.1	0.1	4.2	4	8.3	90	21	0	5	1		
3+000	4	0.4	0.5	4.9	0.1	4.3	85	12	0	5	3		
3+500	4.1	0.5	0.5	5.1	3.5	3.8	90	15	2	6	2		
4+000	4.3	0.4	0.6	5.3	4.5	5.9	80	25	4	6	2		
4+500	4.1	0.1	0.3	4.5	0.1	4.3	85	16	3	5	1		
5+000	4.1	0.2	0.4	4.7	4.2	3.5	85	46	2	6	1		
5+500	4.2	0.5	0.5	5.2	6	5.8	80	25	1	8	2		
6+000	4.3	0.5	0.5	5.3	1	8.5	85	76	1	6	1		
6+500	4.2	0.2	0.3	4.7	0.1	13.6	85	44	0	4	1		
7+000	4.3	0.3	0.8	5.4	5.2	8.6	65	34	2	4	1		
7+500	3.8	0.5	0.5	4.8	0.85	7.7	75	20	5	5	2		
8+000	4.3	0.7	0.8	5.8	8.2	6.3	50	28	2	8	2		
8+500	4.3	0.5	0.5	5.3	0.38	8.6	70	17	1	5	0		
9+000	4.2	0.5	0.5	5.2	0.9	9.4	85	30	1	5	2		
9+500	4	0.5	0.5	5	4.7	6.6	65	13	0	7	3		
10+000	4	0.2	0.2	4.4	6.2	7.7	60	13	3	5	1		
10+500	4.1	0.5	0.5	5.1	3.8	3.4	70	8	0	2	0		
11+000													
ORT.	4.1	0.4	0.5	5.0	4.2	5.9	76.4					5.45	11.7
TOP.								539	32	112	38		
Yol Tülü (m): 10+563, Yol Deformasyon (m ⁻¹): 19.60, Emval Miktarı (m ³): 27141													
ÖAT: Örnek Alınan Tül (m), PG: Platform Genişliği (m), BG: Banket Genişliği (m), HG: Hendek Genişliği (m), YG: Yol Genişliği (m), AYY: Ağaçların Yola Yakınlığı (m), KŞY: Kazı Şevi Yüksekliği (m), KŞYO: Kazı Şevi Yeşillenme Oranı, ÜYD: Üst Yapı Durumu (Göçük Sayısı), YBŞH: Yol Boyu Şevi ve Heyelan Sayısı, YKY: Yatay Kurp Sayısı, KN: Karşılaşma Noktası Sayısı, YE: Yolun Eğimi (%), İG: İnşaat Genişliği (m)													

Ek Tablo 12. 4380-015 kodlu orman yolunun arazi verileri

[illegible]

[illegible]

Ek Tablo 14. 4380-017 kodlu orman yolunun arazi verileri

[illegible]

Ek Tablo 15. 4380-018 kodlu orman yolunun arazi verileri

ÖAT	PG	BG	HG	YG	AYY	KŞY	KŞYO	ÜYD	YBŞH	YKY	KN	YE	İG
0+000	3.5	0.2	0.3	4	0.4	5.8	60	31	2	2	2	5	15.2
0+500	4	0.1	0.5	4.6	1.3	10.4	30	30	1	3	2		
1+000	4	0.5	0.5	5	10.3	8.4	45	14	0	2	2		
1+500													
ORT.	3.8	0.3	0.4	4.5	4.0	8.2	45.0					5	15.2
TOP.								75	3	7	6		

Yol Tülü (m): 1+357, **Yol Deformasyon (m⁻¹):** 18.10, **Emval Miktarı (m³):** 1821

ÖAT: Örnek Alınan Tül (m), **PG:** Platform Genişliği (m), **BG:** Banket Genişliği (m), **HG:** Hendek Genişliği (m), **YG:** Yol Genişliği (m), **AYY:** Ağaçların Yola Yakınlığı (m), **KŞY:** Kazı Şevi Yüksekliği (m), **KŞYO:** Kazı Şevi Yeşillenme Oranı, **ÜYD:** Üst Yapı Durumu (Göçük Sayısı), **YBŞH:** Yol Boyu Şevi ve Heyelan Sayısı, **YKY:** Yatay Kurp Sayısı, **KN:** Karşılaşma Noktası Sayısı, **YE:** Yolun Eğimi (%), **İG:** İnşaat Genişliği (m)

Ek Tablo 16. 4380-019 kodlu orman yolunun arazi verileri

ÖAT	PG	BG	HG	YG	AYY	KŞY	KŞYO	ÜYD	YBŞH	YKY	KN	YE	İG
0+000	4.4	0.5	0.1	5	12.7	14.8	20	20	3	6	8	7.5	13.7
0+500	3.8	0.5	0.8	5.1	0.8	3.1	80	15	1	2	3		
1+000	3.9	0.2	0.4	4.5	4.6	7.1	65	29	0	3	8		
1+500	4	0.2	0.2	4.4	3.5	9.3	85	34	0	3	3		
2+000	4.1	0.2	0.3	4.6	1.5	7	80	33	2	10	3		
2+500	4	0.3	0.4	4.7	0.9	5.3	75	36	1	2	3		
3+000	3.8	0.1	0.1	4	0.7	4.5	75	32	2	2	3		
3+500	4	0.2	0.3	4.5	1.2	2.7	60	10	0	1	1		
4+000													
ORT.	4.0	0.3	0.3	4.6	3.2	6.7	67.5					7.5	13.7
TOP.								209	9	29	32		

Yol Tülü (m): 3+798, **Yol Deformasyon (m⁻¹):** 18.17, **Emval Miktarı (m³):** 7047

ÖAT: Örnek Alınan Tül (m), **PG:** Platform Genişliği (m), **BG:** Banket Genişliği (m), **HG:** Hendek Genişliği (m), **YG:** Yol Genişliği (m), **AYY:** Ağaçların Yola Yakınlığı (m), **KŞY:** Kazı Şevi Yüksekliği (m), **KŞYO:** Kazı Şevi Yeşillenme Oranı, **ÜYD:** Üst Yapı Durumu (Göçük Sayısı), **YBŞH:** Yol Boyu Şevi ve Heyelan Sayısı, **YKY:** Yatay Kurp Sayısı, **KN:** Karşılaşma Noktası Sayısı, **YE:** Yolun Eğimi (%), **İG:** İnşaat Genişliği (m)

Ek Tablo 17. 4380-021 kodlu orman yolunun arazi verileri

[illegible]

Ek Tablo 18. 4380-024 kodlu orman yolunun arazi verileri

ÖAT	PG	BG	HG	YG	AYY	KŞY	KŞYO	ÜYD	YBŞH	YKY	KN	YE	İG
0+000	4.2	0.5	0.5	5.2	7.3	1.4	60	11	1	4	1	7.5	7.3
0+500	4.3	0.2	0.3	4.8	2.3	3.1	80	7	2	1	3		
1+000	4.4	0.3	0.5	5.2	1.9	3.5	75	11	1	4	2		
1+500													
ORT.	4.3	0.3	0.4	5.1	3.8	2.7	71.7					7.5	7.3
TOP.								29	4	9	6		

Yol Tülü (m): 2+101, **Yol Deformasyon (m⁻¹):** 72.43, **Emval Miktarı (m³):** 3778

ÖAT: Örnek Alınan Tül (m), **PG:** Platform Genişliği (m), **BG:** Banket Genişliği (m), **HG:** Hendek Genişliği (m), **YG:** Yol Genişliği (m), **AYY:** Ağaçların Yola Yakınlığı (m), **KŞY:** Kazı Şevi Yüksekliği (m), **KŞYO:** Kazı Şevi Yeşillenme Oranı, **ÜYD:** Üst Yapı Durumu (Göçük Sayısı), **YBŞH:** Yol Boyu Şevi ve Heyelan Sayısı, **YKY:** Yatay Kurp Sayısı, **KN:** Karşılaşma Noktası Sayısı, **YE:** Yolun Eğimi (%), **İG:** İnşaat Genişliği (m)

[illegible]

EK-2. VZA için girdi ve çıktıların normalize değerleri (Ek Tablo 21-24)

Ek Tablo 21. Ekolojik etkinlik senaryosu girdi ve çıktı verilerin normalize değerleri

YOL KODU	GİRİŞİ						ÇIKTI		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
4380-001	0,490	0,571	0,286	0,230	0,264	0,205	0,311	0,148	0,083
4380-002	0,286	0,556	0,314	0,200	0,138	0,037	0,266	0,165	0,011
4380-003	0,551	0,636	0,243	0,110	0,397	0,050	0,555	0,050	0,165
4380-004	0,715	0,409	0,400	0,140	0,380	0,059	0,424	0,059	0,086
4380-005	0,609	0,545	0,357	0,215	0,336	0,104	0,354	0,130	0,162
4380-006	0,569	0,625	0,357	0,215	0,396	0,103	0,361	0,103	0,346
4380-007*	0,653	0,552	0,500	0,200	0,231	0,044	0,251	0,110	0,279
4380-008	0,685	0,661	0,200	0,290	0,322	0,309	0,366	0,086	0,232
4380-009	0,707	0,489	0,283	0,108	0,333	0,045	0,673	0,000	0,140
4380-010	0,702	0,589	0,306	0,154	0,377	0,051	0,534	0,077	0,202
4380-011*	0,270	0,614	0,500	0,215	0,406	0,101	0,207	0,101	0,057
4380-012	0,695	0,646	0,229	0,235	0,313	0,398	0,230	0,118	0,176
4380-013	0,789	0,662	0,286	0,295	0,361	0,303	0,234	0,109	0,236
4380-014*	0,679	0,657	0,500	0,245	0,374	0,041	0,396	0,082	0,297
4380-015	0,574	0,611	0,386	0,400	0,265	0,129	0,144	0,217	0,168
4380-016	0,141	0,677	0,286	0,215	0,320	0,322	0,399	0,063	0,147
4380-017	0,242	0,608	0,314	0,185	0,222	0,465	0,400	0,078	0,176
4380-018	0,148	0,695	0,214	0,410	0,279	0,221	0,079	0,184	0,216
4380-019	0,656	0,610	0,229	0,335	0,271	0,237	0,407	0,092	0,211
4380-020*	0,419	0,654	0,500	0,210	0,364	0,045	0,467	0,079	0,238
4380-021	0,268	0,653	0,257	0,220	0,312	0,277	0,230	0,069	0,158
4380-022*	0,253	0,620	0,500	0,230	0,355	0,015	0,314	0,107	0,194
4380-023*	0,891	0,656	0,500	0,235	0,407	0,115	0,248	0,086	0,337
4380-024	0,582	0,644	0,300	0,135	0,311	0,190	0,231	0,095	0,153
4380-025	0,731	0,768	0,186	0,205	0,360	0,124	0,155	0,093	0,130
4380-025-1*	0,645	0,741	0,500	0,225	0,404	0,031	0,247	0,047	0,272
4380-026*	0,180	0,737	0,500	0,205	0,387	0,050	0,296	0,087	0,193
4380-027	0,642	0,765	0,257	0,290	0,401	0,605	0,149	0,173	0,081
4380-027-1*	0,502	0,771	0,500	0,215	0,412	0,093	0,153	0,093	0,096
4380-028*	0,218	0,820	0,500	0,250	0,399	0,043	0,201	0,119	0,178

X₁ = Bakı puanı, X₂ = Yamaç eğimi (%), X₃ = Yol genişliği (m), X₄ = Kazı sevi yüksekliği (m), X₅ = Kayıp orman (ha), X₆ = Yolda gözlenen şev heyelan (adet), Y₁ = Akarsu yatakları ortalama uzaklık (m), Y₂ = Sanat yapısı (adet), Y₃ = Bölmelere bağlantı sayısı (adet)

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Ek Tablo 22. Ekonomik etkinlik senaryosu girdi ve çıktı verilerin normalize değerleri

YOL KODU	GİRDİ								ÇIKTI			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
4380-001	0,490	0,571	0,296	0,037	0,307	0,450	0,505	0,230	0,255	0,227	0,915	0,280
4380-002	0,286	0,556	0,329	0,034	0,414	0,634	0,455	0,095	0,105	0,075	0,786	0,117
4380-003	0,551	0,636	0,099	0,043	0,057	0,729	0,250	0,439	0,547	0,219	0,846	0,046
4380-004	0,715	0,409	0,119	0,019	0,339	0,691	0,410	0,220	0,342	0,691	1,000	0,071
4380-005	0,609	0,545	0,259	0,040	0,240	0,691	0,490	0,502	0,373	0,424	0,786	0,133
4380-006	0,569	0,625	0,206	0,029	0,268	0,651	0,455	0,845	0,488	0,225	0,829	0,117
4380-007*	0,653	0,552	0,219	0,051	0,066	0,702	0,465	0,017	0,331	0,253	0,883	0,776
4380-008	0,685	0,661	0,172	0,046	0,171	0,596	0,570	0,820	0,390	0,287	0,829	0,037
4380-009	0,707	0,489	0,010	0,020	0,198	0,572	0,290	0,440	0,349	0,216	0,949	0,026
4380-010	0,702	0,589	0,154	0,036	0,145	0,307	0,350	0,386	0,483	0,253	0,816	0,003
4380-011*	0,270	0,614	0,202	0,054	0,061	0,337	0,470	0,031	0,529	0,012	0,000	0,791
4380-012	0,695	0,646	0,237	0,071	0,149	0,610	0,480	0,538	0,361	0,184	0,940	0,233
4380-013	0,789	0,662	0,218	0,059	0,105	0,707	0,585	0,510	0,425	0,257	0,872	0,172
4380-014*	0,679	0,657	0,163	0,063	0,188	0,327	0,505	0,047	0,483	0,397	0,880	0,005
4380-015	0,574	0,611	0,435	0,045	0,089	0,604	0,820	0,745	0,307	0,126	0,812	0,189
4380-016	0,141	0,677	0,125	0,052	0,186	0,679	0,435	0,470	0,356	0,173	0,829	0,052
4380-017	0,242	0,608	0,155	0,042	0,052	0,448	0,405	0,348	0,407	0,101	1,000	0,239
4380-018	0,148	0,695	0,368	0,064	0,027	0,344	0,760	0,614	0,355	0,134	0,809	0,168
4380-019	0,656	0,610	0,184	0,049	0,191	0,509	0,685	0,598	0,343	0,186	0,940	0,120
4380-020*	0,419	0,654	0,157	0,071	0,534	0,434	0,445	0,019	0,455	0,395	0,949	0,157
4380-021	0,268	0,653	0,139	0,059	0,238	0,693	0,445	0,436	0,326	0,112	0,991	0,208
4380-022*	0,253	0,620	0,213	0,047	0,275	0,366	0,495	0,006	0,412	0,180	0,991	0,108
4380-023*	0,891	0,656	0,173	0,048	0,058	0,422	0,490	0,058	0,580	0,399	0,927	0,001
4380-024	0,582	0,644	0,190	0,059	0,122	0,286	0,300	0,135	0,342	0,180	0,957	0,256
4380-025	0,731	0,768	0,186	0,091	0,229	0,062	0,385	0,069	0,446	0,192	0,786	0,024
4380-025-1*	0,645	0,741	0,094	0,076	0,151	0,313	0,445	0,043	0,511	0,256	0,792	0,202
4380-026*	0,180	0,737	0,174	0,080	0,171	0,348	0,415	0,008	0,456	0,150	0,573	0,185
4380-027	0,642	0,765	0,346	0,089	0,607	0,577	0,525	0,401	0,440	0,151	0,803	0,179
4380-027-1*	0,502	0,771	0,186	0,086	0,076	0,620	0,425	0,057	0,671	0,417	0,722	0,407
4380-028*	0,218	0,820	0,239	0,109	0,080	0,304	0,465	0,032	0,516	0,148	0,915	0,130
X ₁ = Bakı puanı, X ₂ = Yamaç eğimi (%), X ₃ = İnşaat genişliği (m), X ₄ = Potansiyel sanat yapısı (adet), X ₅ = Kıvrımlılık faktörü, X ₆ = Dolambaçlılık faktörü, X ₇ = Yatay kurp sayısı (adet), X ₈ = Yol yüzeyindeki deformasyonlar (adet/km ²), Y ₁ = Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y ₂ = Alan uzunluk oranı, Y ₃ = Ekonomik fonksiyonlu meşçereye ulaşım (ha), Y ₄ = Emval miktarı (m ³)												
*OGM tarafından planlanan orman yolları												

Ek Tablo 23. Sosyal etkinlik senaryosu girdi ve çıktı verilerin normalize değerleri

YOL KODU	GİRİDİ				ÇIKTI				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
4380-001	0,467	0,659	0,307	0,350	1,000	0,776	0,865	0,155	1,000
4380-002	0,717	0,137	0,414	0,040	0,986	0,850	0,062	0,011	0,618
4380-003	0,500	0,101	0,057	0,080	1,000	0,808	0,049	0,077	0,008
4380-004	0,517	0,169	0,339	0,130	0,822	0,700	0,288	0,286	0,156
4380-005	0,477	0,386	0,240	0,260	0,822	0,781	0,188	0,356	0,768
4380-006	0,433	0,097	0,268	0,080	0,822	0,400	0,025	0,759	0,000
4380-007*	0,400	0,114	0,066	0,050	0,685	0,260	0,959	0,063	0,467
4380-008	0,200	0,146	0,171	0,090	0,822	0,595	0,131	0,622	0,604
4380-009	0,487	0,111	0,198	0,070	0,822	0,860	0,025	0,652	0,203
4380-010	0,307	0,195	0,145	0,150	0,685	0,740	0,131	0,000	0,027
4380-011*	0,400	0,099	0,061	0,080	0,685	0,260	0,163	0,000	0,000
4380-012	0,333	0,465	0,149	0,290	0,822	0,795	0,141	0,000	1,000
4380-013	0,363	0,528	0,105	0,380	0,822	0,764	0,167	0,000	0,608
4380-014*	0,500	0,123	0,188	0,090	0,822	0,300	0,132	0,000	0,012
4380-015	0,431	0,817	0,089	0,430	0,986	0,715	0,847	0,000	1,000
4380-016	0,591	0,280	0,186	0,180	0,986	0,863	0,148	0,000	0,819
4380-017	0,467	0,097	0,052	0,040	0,685	0,750	0,020	0,000	0,135
4380-018	0,333	0,068	0,027	0,040	0,822	0,450	0,070	0,000	0,444
4380-019	0,500	0,190	0,191	0,100	0,822	0,675	0,212	0,000	0,942
4380-020*	0,420	0,223	0,534	0,160	0,822	0,300	0,133	0,000	0,039
4380-021	0,400	0,433	0,238	0,270	0,685	0,789	0,142	0,000	1,000
4380-022*	0,347	0,328	0,275	0,230	0,822	0,130	0,189	0,000	0,030
4380-023*	0,600	0,087	0,058	0,070	0,822	0,130	0,035	0,000	0,000
4380-024	0,500	0,105	0,122	0,070	0,822	0,717	0,098	0,000	0,094
4380-025	0,413	0,161	0,229	0,120	0,685	0,850	0,098	0,000	0,157
4380-025-1*	0,413	0,160	0,151	0,130	0,685	0,240	0,098	0,000	0,000
4380-026*	0,633	0,201	0,171	0,160	0,548	0,130	0,098	0,000	0,000
4380-027	0,683	0,116	0,607	0,090	0,685	0,700	0,098	0,000	0,000
4380-027-1*	0,683	0,054	0,076	0,040	0,548	0,180	0,098	0,000	0,000
4380-028*	0,333	0,230	0,080	0,180	0,548	0,260	0,098	0,000	0,000

X₁ = Yol eğimi (%), X₂ = Yol uzunluğu (m), X₃ = Dolambaçlılık faktörü, X₄ = Kayıp orman (ha), Y₁ = Hizmet süresi (gün), Y₂ = Kazı şevlerinin yeşillenme oranı (%), Y₃ = Mahalle nüfusu (kişi), Y₄ = Estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım (ha), Y₅ = Ziraat-mera alanlarına ulaşım (ha)

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Ek Tablo 24. Teknik etkinlik senaryosu girdi ve çıktı verilerin normalize değerleri

YOL KODU	GİRDİ						ÇIKTI		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
4380-001	0,230	0,491	0,385	0,667	1,000	0,171	0,915	0,083	0,255
4380-002	0,095	0,286	0,615	0,000	0,714	0,366	0,786	0,011	0,105
4380-003	0,439	0,550	1,000	0,333	0,857	0,099	0,846	0,165	0,547
4380-004	0,220	0,720	0,615	0,333	0,000	0,148	1,000	0,086	0,342
4380-005	0,502	0,611	0,538	0,000	0,286	0,168	0,786	0,162	0,373
4380-006	0,845	0,569	0,462	0,000	0,571	0,206	0,829	0,346	0,488
4380-007*	0,017	0,654	0,000	0,000	0,000	0,263	0,883	0,279	0,331
4380-008	0,820	0,688	0,923	1,000	0,857	0,137	0,829	0,232	0,390
4380-009	0,440	0,709	0,708	0,200	0,771	0,203	0,949	0,140	0,349
4380-010	0,386	0,704	0,569	0,333	0,743	0,154	0,816	0,202	0,483
4380-011*	0,031	0,268	0,000	0,000	0,000	0,253	0,000	0,057	0,529
4380-012	0,538	0,698	0,846	0,667	0,857	0,237	0,940	0,176	0,361
4380-013	0,510	0,791	0,692	0,333	0,714	0,180	0,872	0,236	0,425
4380-014*	0,047	0,678	0,000	0,000	0,000	0,265	0,880	0,297	0,483
4380-015	0,745	0,580	0,154	0,333	0,714	0,444	0,812	0,168	0,307
4380-016	0,470	0,139	0,692	0,000	0,857	0,482	0,829	0,147	0,356
4380-017	0,348	0,242	0,538	0,333	0,714	0,207	1,000	0,176	0,407
4380-018	0,614	0,150	0,923	0,667	0,857	0,221	0,809	0,216	0,355
4380-019	0,598	0,659	0,769	0,667	1,000	0,421	0,940	0,211	0,343
4380-020*	0,019	0,422	0,000	0,000	0,000	0,258	0,949	0,238	0,455
4380-021	0,436	0,267	0,692	0,333	0,857	0,369	0,991	0,158	0,326
4380-022*	0,006	0,252	0,000	0,000	0,000	0,259	0,991	0,194	0,412
4380-023*	0,058	0,891	0,000	0,000	0,000	0,259	0,927	0,337	0,580
4380-024	0,135	0,586	0,538	0,667	0,857	0,143	0,957	0,153	0,342
4380-025	0,069	0,739	0,923	1,000	1,000	0,016	0,786	0,130	0,446
4380-025-1*	0,043	0,646	0,000	0,000	0,000	0,266	0,792	0,272	0,511
4380-026*	0,008	0,178	0,000	0,000	0,000	0,261	0,573	0,193	0,456
4380-027	0,401	0,646	0,846	0,333	0,857	0,130	0,803	0,081	0,440
4380-027-1*	0,057	0,502	0,000	0,000	0,000	0,279	0,722	0,096	0,671
4380-028*	0,032	0,217	0,000	0,000	0,000	0,261	0,915	0,178	0,516

X₁ = Yol deformasyon yoğunluğu (adet/km²), X₂ = Bakı puanı, X₃ = Platform genişliği (m), X₄ = Banket genişliği (m), X₅ = Hendek genişliği (m), X₆ = Karşılaşma noktaları (adet), Y₁ = Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y₂ = Bölmelere bağlantı sayısı (adet), Y₃ = İşletmeye Açılan Alan (ha)

*OGM tarafından planlanan orman yolları

EK-3. Ekolojik Etkinlik Senaryosu için kullanılan değişkenlerin hedef ve projeksiyon değerleri (Ek Tablo 25-27)

Ek Tablo 25. Ekolojik Etkinlik Senaryosu X_1 , X_2 ve X_3 girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X_1	X_1 Hedef	X_1 Projek.	X_2	X_2 Hedef	X_2 Projek.	X_3	X_3 Hedef	X_3 Projek.
4380-001	0,49	0,49	0,00	57	57	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-002	0,29	0,29	0,00	56	56	0,00	5,2	5,2	0,00
4380-003	0,55	0,55	0,00	64	64	0,00	4,7	4,7	0,00
4380-004	0,72	0,72	0,00	41	41	0,00	5,8	5,8	0,00
4380-005	0,61	0,61	0,00	54	54	0,00	5,5	5,5	0,00
4380-006	0,57	0,57	0,00	62	62	0,00	5,5	5,5	0,00
4380-007*	0,65	0,65	0,00	55	55	0,00	6,5	6,5	0,00
4380-008	0,68	0,68	0,00	66	66	0,00	4,4	4,4	0,00
4380-009	0,71	0,71	0,00	49	49	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-010	0,70	0,70	0,00	59	59	0,00	5,1	5,1	0,00
4380-011*	0,27	0,19	-29,64	61	43	-29,64	6,5	4,8	-25,44
4380-012	0,70	0,70	0,00	65	65	0,00	4,6	4,6	0,00
4380-013	0,79	0,38	-51,49	66	56	-15,64	5,0	4,7	-6,26
4380-014*	0,68	0,68	0,00	66	66	0,00	6,5	6,5	0,00
4380-015	0,57	0,57	0,00	61	61	0,00	5,7	5,7	0,00
4380-016	0,14	0,14	0,00	68	68	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-017	0,24	0,24	0,00	61	61	0,00	5,2	5,2	0,00
4380-018	0,15	0,15	0,00	69	69	0,00	4,5	4,5	0,00
4380-019	0,66	0,66	0,00	61	61	0,00	4,6	4,6	0,00
4380-020*	0,42	0,42	0,00	65	65	0,00	6,5	6,5	0,00
4380-021	0,27	0,21	-20,85	65	46	-29,25	4,8	4,4	-7,82
4380-022*	0,25	0,25	0,00	62	62	0,00	6,5	6,5	0,00
4380-023*	0,89	0,57	-36,22	66	61	-6,74	6,5	5,5	-14,77
4380-024	0,58	0,58	0,00	64	64	0,00	5,1	5,1	0,00
4380-025	0,73	0,24	-67,70	77	43	-44,43	4,3	4,2	-2,56
4380-025-1*	0,64	0,64	0,00	74	74	0,00	6,5	6,5	0,00
4380-026*	0,18	0,18	0,00	74	74	0,00	6,5	6,5	0,00
4380-027	0,64	0,64	0,00	76	76	0,00	4,8	4,8	0,00
4380-027-1*	0,50	0,31	-37,82	77	41	-46,31	6,5	4,7	-28,05
4380-028*	0,22	0,22	0,00	82	82	0,00	6,5	6,5	0,00

*OGM tarafından planlanan orman yolları

X_1 =Bakı puanı, X_2 = Yamaç eğimi (%), X_3 = Yol genişliği (m) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 26. Ekolojik Etkinlik Senaryosu X₄, X₅, X₆ girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X ₄	X ₄ Hedef	X ₄ Projek.	X ₅	X ₅ Hedef	X ₅ Projek.	X ₆	X ₆ Hedef	X ₆ Projek.
4380-001	4,6	4,6	0,00	34,85	34,85	0,00	27	27,00	0,00
4380-002	4,0	4,0	0,00	3,78	3,78	0,00	1	1,00	0,00
4380-003	2,2	2,2	0,00	7,99	7,99	0,00	1	1,00	0,00
4380-004	2,8	2,8	0,00	12,82	12,82	0,00	2	2,00	0,00
4380-005	4,3	4,3	0,00	25,93	25,93	0,00	8	8,00	0,00
4380-006	4,3	4,3	0,00	7,70	7,70	0,00	2	2,00	0,00
4380-007*	4,0	4,0	0,00	5,26	5,26	0,00	1	1,00	0,00
4380-008	5,8	5,8	0,00	9,38	9,38	0,00	9	9,00	0,00
4380-009	2,2	2,2	0,00	7,38	7,38	0,00	1	1,00	0,00
4380-010	3,1	3,1	0,00	14,75	14,75	0,00	2	2,00	0,00
4380-011*	4,3	3,0	-29,64	8,03	3,04	-62,19	2	1,08	-46,05
4380-012	4,7	4,7	0,00	29,10	29,10	0,00	37	37,00	0,00
4380-013	5,9	5,0	-15,64	38,13	31,05	-18,56	32	15,48	-51,62
4380-014*	4,9	4,9	0,00	9,17	9,17	0,00	1	1,00	0,00
4380-015	8,0	8,0	0,00	43,27	43,27	0,00	21	21,00	0,00
4380-016	4,3	4,3	0,00	17,90	17,90	0,00	18	18,00	0,00
4380-017	3,7	3,7	0,00	4,29	4,29	0,00	9	9,00	0,00
4380-018	8,2	8,2	0,00	3,79	3,79	0,00	3	3,00	0,00
4380-019	6,7	6,7	0,00	10,30	10,30	0,00	9	9,00	0,00
4380-020*	4,2	4,2	0,00	16,21	16,21	0,00	2	2,00	0,00
4380-021	4,4	3,5	-20,85	27,07	20,58	-23,95	24	12,97	-45,96
4380-022*	4,6	4,6	0,00	23,29	23,29	0,00	1	1,00	0,00
4380-023*	4,7	4,2	-10,04	7,07	6,59	-6,74	2	1,69	-15,41
4380-024	2,7	2,7	0,00	6,53	6,53	0,00	4	4,00	0,00
4380-025	4,1	3,8	-8,45	11,62	6,34	-45,43	4	3,66	-8,45
4380-025-1*	4,5	4,5	0,00	12,89	12,89	0,00	1	1,00	0,00
4380-026*	4,1	4,1	0,00	15,57	15,57	0,00	2	2,00	0,00
4380-027	5,8	5,8	0,00	9,26	9,26	0,00	14	14,00	0,00
4380-027-1*	4,3	2,7	-37,82	4,42	1,78	-59,75	1	0,62	-37,82
4380-028*	5,0	5,0	0,00	18,36	18,36	0,00	2	2,00	0,00

*OGM tarafından planlanan orman yolları

X₄= Kazı şevi yüksekliği (m), X₅= Kayıp orman (ha), X₆= Yolda gözlenen şev heyelan (adet) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 27. Ekolojik Etkinlik Senaryosu Y₁, Y₂ ve Y₃ çıktı değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	Y ₁	Y ₁ Hedef	Y ₁ Projek.	Y ₂	Y ₂ Hedef	Y ₂ Projek.	Y ₃	Y ₃ Hedef	Y ₃ Projek.
4380-001	248	248	0,00	39	39	0,00	23	23	0,00
4380-002	213	213	0,00	9	9	0,00	3	3	0,00
4380-003	444	444	0,00	2	2	0,00	5	5	0,00
4380-004	340	340	0,00	4	4	0,00	6	6	0,00
4380-005	283	283	0,00	20	20	0,00	19	19	0,00
4380-006	289	289	0,00	4	4	0,00	8	8	0,00
4380-007*	201	201	0,00	5	5	0,00	8	8	0,00
4380-008	292	292	0,00	5	5	0,00	9	9	0,00
4380-009	538	538	0,00	0	0	0,00	5	5	0,00
4380-010	427	427	0,00	6	6	0,00	11	11	0,00
4380-011*	165	165	0,00	4	4	0,00	3	3	0,00
4380-012	184	184	0,00	22	22	0,00	24	24	0,00
4380-013	188	188	0,00	23	23	0,00	33	33	0,00
4380-014*	317	317	0,00	4	4	0,00	9	9	0,00
4380-015	115	115	0,00	71	71	0,00	41	41	0,00
4380-016	319	319	0,00	7	7	0,00	13	13	0,00
4380-017	320	320	0,00	3	3	0,00	5	5	0,00
4380-018	63	63	0,00	5	5	0,00	4	4	0,00
4380-019	326	326	0,00	7	7	0,00	11	11	0,00
4380-020*	373	373	0,00	7	7	0,00	14	14	0,00
4380-021	184	184	0,00	12	12	0,83	21	21	0,00
4380-022*	251	251	0,00	14	14	0,00	18	18	0,00
4380-023*	199	279	40,47	3	4	18,09	7	7	0,00
4380-024	184	184	0,00	4	4	0,00	5	5	0,00
4380-025	124	124	0,00	6	6	0,00	7	7	0,00
4380-025-1*	197	197	0,00	3	3	0,00	11	11	0,00
4380-026*	237	237	0,00	7	7	0,00	11	11	0,00
4380-027	119	119	0,00	8	8	0,00	4	4	0,00
4380-027-1*	123	156	27,12	2	2	0,00	2	2	0,00
4380-028*	161	161	0,00	11	11	0,00	12	12	0,00

*OGM tarafından planlanan orman yolları

Y₁= Akarsu yatakları ortalama uzaklık (m), Y₂= Sanat yapısı (adet), Y₃= Bölmelere bağlantı sayısı (adet) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

EK-4. Ekonomik Etkinlik Senaryosu için kullanılan değişkenlerin hedef ve projeksiyon değerleri (Ek Tablo 28-31)

Ek Tablo 28. Ekonomik Etkinlik Senaryosu X_1 , X_2 ve X_3 girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X_1	X_1 Hedef	X_1 Projek.	X_2	X_2 Hedef	X_2 Projek.	X_3	X_3 Hedef	X_3 Projek.
4380-001	0,490	0,490	0,00	57,07	57,07	0,00	10,1	10,1	0,00
4380-002	0,286	0,274	-4,11	55,62	45,81	-17,63	9,1	7,3	-19,76
4380-003	0,551	0,551	0,00	63,58	63,58	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-004	0,715	0,715	0,00	40,89	40,89	0,00	8,2	8,2	0,00
4380-005	0,609	0,505	-17,14	54,46	45,12	-17,14	9,8	6,7	-31,70
4380-006	0,569	0,569	0,00	62,47	62,47	0,00	9,1	9,1	0,00
4380-007*	0,653	0,653	0,00	55,23	55,23	0,00	9,3	9,3	0,00
4380-008	0,685	0,509	-25,63	66,14	49,19	-25,63	11,4	7,3	-35,96
4380-009	0,707	0,707	0,00	48,86	48,86	0,00	5,8	5,8	0,00
4380-010	0,702	0,702	0,00	58,94	58,94	0,00	7,0	7,0	0,00
4380-011*	0,270	0,270	0,00	61,40	61,40	0,00	9,4	9,4	0,00
4380-012	0,695	0,391	-43,72	64,56	52,82	-18,19	9,6	7,7	-19,30
4380-013	0,789	0,593	-24,88	66,21	54,54	-17,64	11,7	8,3	-29,29
4380-014*	0,679	0,679	0,00	65,69	65,69	0,00	10,1	10,1	0,00
4380-015	0,574	0,249	-56,60	61,08	47,53	-22,18	16,4	6,6	-59,59
4380-016	0,141	0,141	0,00	67,74	67,74	0,00	8,7	8,7	0,00
4380-017	0,242	0,242	0,00	60,79	60,79	0,00	8,1	8,1	0,00
4380-018	0,148	0,148	0,00	69,46	69,46	0,00	15,2	15,2	0,00
4380-019	0,656	0,509	-22,52	61,03	53,23	-12,77	13,7	7,0	-49,00
4380-020*	0,419	0,419	0,00	65,40	65,40	0,00	8,9	8,9	0,00
4380-021	0,268	0,268	0,00	65,26	65,26	0,00	8,9	8,9	0,00
4380-022*	0,253	0,253	0,00	61,99	61,99	0,00	9,9	9,9	0,00
4380-023*	0,891	0,891	0,00	65,64	65,64	0,00	9,8	9,8	0,00
4380-024	0,582	0,582	0,00	64,43	64,43	0,00	6,0	6,0	0,00
4380-025	0,731	0,731	0,00	76,75	76,75	0,00	7,7	7,7	0,00
4380-025-1*	0,645	0,645	0,00	74,11	74,11	0,00	8,9	8,9	0,00
4380-026*	0,180	0,180	0,00	73,66	73,66	0,00	8,3	8,3	0,00
4380-027	0,642	0,470	-26,74	76,46	56,02	-26,74	10,5	7,7	-26,74
4380-027-1*	0,502	0,502	0,00	77,12	77,12	0,00	8,5	8,5	0,00
4380-028*	0,218	0,218	0,00	82,01	82,01	0,00	9,3	9,3	0,00

*OGM tarafından planlanan orman yolları

X_1 = Bakı puanı, X_2 = Yamaç eğimi (%), X_3 = İnşaat genişliği (m) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 29. Ekonomik Etkinlik Senaryosu X₄, X₅ ve X₆ girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X ₄	X ₄ Hedef	X ₄ Projek.	X ₅	X ₅ Hedef	X ₅ Projek.	X ₆	X ₆ Hedef	X ₆ Projek.
4380-001	39	39	0,00	1,037	1,037	0,00	2,228	2,228	0,00
4380-002	9	4	-55,52	1,034	1,033	-0,14	2,656	1,743	-34,36
4380-003	2	2	0,00	1,043	1,043	0,00	1,227	1,227	0,00
4380-004	4	4	0,00	1,019	1,019	0,00	2,358	2,358	0,00
4380-005	20	9	-55,95	1,040	1,032	-0,71	1,962	1,743	-11,17
4380-006	4	4	0,00	1,029	1,029	0,00	2,071	2,071	0,00
4380-007*	5	5	0,00	1,051	1,051	0,00	1,266	1,266	0,00
4380-008	5	4	-25,91	1,045	1,032	-1,25	1,684	1,438	-14,59
4380-009	0	0	0,00	1,020	1,020	0,00	1,791	1,791	0,00
4380-010	6	6	0,00	1,036	1,036	0,00	1,580	1,580	0,00
4380-011*	4	4	0,00	1,054	1,054	0,00	1,245	1,245	0,00
4380-012	22	14	-38,41	1,071	1,036	-3,32	1,595	1,486	-6,78
4380-013	23	16	-29,68	1,059	1,039	-1,91	1,419	1,345	-5,21
4380-014*	4	4	0,00	1,063	1,063	0,00	1,752	1,752	0,00
4380-015	71	20	-71,44	1,045	1,032	-1,29	1,355	1,277	-5,82
4380-016	7	7	0,00	1,052	1,052	0,00	1,742	1,742	0,00
4380-017	3	3	0,00	1,041	1,041	0,00	1,206	1,206	0,00
4380-018	5	5	0,00	1,064	1,064	0,00	1,108	1,108	0,00
4380-019	7	6	-18,57	1,049	1,039	-0,98	1,763	1,666	-5,53
4380-020*	7	7	0,00	1,071	1,071	0,00	3,136	3,136	0,00
4380-021	12	12	0,00	1,059	1,059	0,00	1,952	1,952	0,00
4380-022*	14	14	0,00	1,047	1,047	0,00	2,099	2,099	0,00
4380-023*	3	3	0,00	1,048	1,048	0,00	1,231	1,231	0,00
4380-024	4	4	0,00	1,059	1,059	0,00	1,488	1,488	0,00
4380-025	6	6	0,00	1,091	1,091	0,00	1,915	1,915	0,00
4380-025-1*	3	3	0,00	1,076	1,076	0,00	1,605	1,605	0,00
4380-026*	7	7	0,00	1,080	1,080	0,00	1,684	1,684	0,00
4380-027	8	3	-57,59	1,089	1,044	-4,18	3,429	1,233	-64,03
4380-027-1*	2	2	0,00	1,086	1,086	0,00	1,302	1,302	0,00
4380-028*	11	11	0,00	1,109	1,109	0,00	1,320	1,320	0,00

*OGM tarafından planlanan orman yolları

X₄= Potansiyel sanat yapısı (adet), X₅= Kıvrımlılık faktörü, X₆= Dolambaçlılık faktörü ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 30. Ekonomik Etkinlik Senaryosu X_7 ve X_8 girdi değişkenleri ve Y_1 çıktı değişkeni hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X_7	X_7 Hedef	X_7 Projek.	X_8	X_8 Hedef	X_8 Projek.	Y_1	Y_1 Hedef	Y_1 Projek.
4380-001	89	89	0,00	4595	4595	0,00	400	400	0,00
4380-002	26	15	-43,60	1898	1820	-4,11	250	250	0,00
4380-003	22	22	0,00	8779	8779	0,00	320	320	0,00
4380-004	35	35	0,00	4394	4394	0,00	500	500	0,00
4380-005	80	64	-20,08	10035	3859	-61,54	250	250	0,00
4380-006	19	19	0,00	16909	16909	0,00	300	300	0,00
4380-007*	24	24	0,00	337	337	0,00	363	363	0,00
4380-008	26	19	-25,63	16398	3835	-76,61	300	300	0,00
4380-009	19	19	0,00	8801	8801	0,00	440	440	0,00
4380-010	18	18	0,00	7719	7719	0,00	285	285	0,00
4380-011*	10	10	0,00	623	623	0,00	1670	1670	0,00
4380-012	85	70	-18,19	10759	5283	-50,90	570	570	0,00
4380-013	112	73	-34,60	10206	2873	-71,85	650	650	0,00
4380-014*	12	12	0,00	942	942	0,00	360	360	0,00
4380-015	148	96	-35,02	14907	5299	-64,45	720	720	0,00
4380-016	57	57	0,00	9399	9399	0,00	700	700	0,00
4380-017	13	13	0,00	6960	6960	0,00	500	500	0,00
4380-018	7	7	0,00	12280	12280	0,00	277	277	0,00
4380-019	29	25	-12,77	11963	4247	-64,50	570	570	0,00
4380-020*	29	29	0,00	380	380	0,00	440	440	0,00
4380-021	90	90	0,00	8729	8729	0,00	510	510	0,00
4380-022*	36	36	0,00	117	117	0,00	510	510	0,00
4380-023*	11	11	0,00	1152	1152	0,00	415	415	0,00
4380-024	9	9	0,00	2707	2707	0,00	450	450	0,00
4380-025	3	3	0,00	1370	1370	0,00	250	250	0,00
4380-025-1*	15	15	0,00	868	868	0,00	257	257	0,00
4380-026*	21	21	0,00	153	153	0,00	1000	1000	0,00
4380-027	20	15	-26,74	8019	3177	-60,38	270	270	0,00
4380-027-1*	10	10	0,00	1146	1146	0,00	175	175	0,00
4380-028*	21	21	0,00	635	635	0,00	400	400	0,00

* OGM tarafından planlanan orman yolları

X_7 = Yatay kurp sayısı (adet), X_8 = Yol yüzeyindeki deformasyonlar (adet/km²), Y_1 = Ortalama yol aralık mesafesi (m) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 31. Ekonomik Etkinlik Senaryosu Y₂, Y₃ ve Y₄ çıktı değişkenlerinin hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	Y ₂	Y ₂ Hedef	Y ₂ Proje.	Y ₃	Y ₃ Hedef	Y ₃ Proje.	Y ₄	Y ₄ Hedef	Y ₄ Proje.
4380-001	12,8	12,8	0,00	370	370	0,00	29982	29982	0,00
4380-002	5,3	15,7	198,92	32	32	0,00	2052	5585	172,14
4380-003	27,4	27,4	0,00	9	9	0,00	4403	4403	0,00
4380-004	17,1	17,1	0,00	24	24	0,00	23323	23323	0,00
4380-005	18,6	18,6	0,00	103	103	0,00	32707	33374	2,04
4380-006	24,4	24,4	0,00	23	23	0,00	4374	4374	0,00
4380-007*	16,5	16,5	0,00	177	177	0,00	5762	5762	0,00
4380-008	19,5	19,5	0,00	11	27	149,87	8341	8909	6,81
4380-009	17,4	17,4	0,00	6	6	0,00	4786	4786	0,00
4380-010	24,2	24,2	0,00	1	1	0,00	9886	9886	0,00
4380-011*	26,4	26,4	0,00	156	156	0,00	230	230	0,00
4380-012	18,0	18,2	0,72	217	217	0,00	17107	23415	36,87
4380-013	21,3	21,3	0,00	182	182	0,00	27142	32008	17,93
4380-014*	24,2	24,2	0,00	1	1	0,00	9730	9730	0,00
4380-015	15,3	16,2	5,78	309	309	0,00	20507	22852	11,44
4380-016	17,8	17,8	0,00	29	29	0,00	9707	9707	0,00
4380-017	20,4	20,4	0,00	46	46	0,00	1944	1944	0,00
4380-018	17,8	17,8	0,00	23	23	0,00	1821	1821	0,00
4380-019	17,1	17,2	0,50	46	69	51,30	7047	11852	68,17
4380-020*	22,8	22,8	0,00	70	70	0,00	17598	17598	0,00
4380-021	16,3	16,3	0,00	180	180	0,00	9713	9713	0,00
4380-022*	20,6	20,6	0,00	71	71	0,00	11833	11833	0,00
4380-023*	29,0	29,0	0,00	0	0	0,00	6929	6929	0,00
4380-024	17,1	17,1	0,00	54	54	0,00	3778	3778	0,00
4380-025	22,3	22,3	0,00	8	8	0,00	6199	6199	0,00
4380-025-1*	25,5	25,5	0,00	65	65	0,00	8178	8178	0,00
4380-026*	22,8	22,8	0,00	74	74	0,00	6048	6048	0,00
4380-027	22,0	22,0	0,00	41	41	0,00	3488	5588	60,20
4380-027-1*	33,5	33,5	0,00	44	44	0,00	4486	4486	0,00
4380-028*	25,8	25,8	0,00	60	60	0,00	6823	6823	0,00

* OGM tarafından planlanan orman yolları

Y₂= Alan uzunluk oranı, Y₃= Ekonomik fonksiyonlu meşcereye ulaşım (ha), Y₄= Emval miktarı (m³) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

EK-5. Sosyal Etkinlik Senaryosu için kullanılan değişkenlerin hedef ve projeksiyon değerleri (Ek Tablo 32-34)

Ek Tablo 32. Sosyal Etkinlik Senaryosu X_1 , X_2 ve X_3 girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X_1	X_1 Hedef	X_1 Projek.	X_2	X_2 Hedef	X_2 Projek.	X_3	X_3 Hedef	X_3 Projek.
4380-001	7,00	7,00	0,00	13190	13190	0,00	2,228	1,665	-25,27
4380-002	10,75	10,75	0,00	2736	2736	0,00	2,656	2,656	0,00
4380-003	7,50	7,50	0,00	2012	2012	0,00	1,227	1,227	0,00
4380-004	7,75	6,13	-20,90	3375	2670	-20,90	2,358	1,698	-27,97
4380-005	7,16	4,95	-30,81	7719	5340	-30,81	1,962	1,665	-15,11
4380-006	6,50	6,50	0,00	1946	1946	0,00	2,071	2,071	0,00
4380-007*	6,00	6,00	0,00	2281	2281	0,00	1,266	1,266	0,00
4380-008	3,00	3,00	0,00	2911	2911	0,00	1,684	1,684	0,00
4380-009	7,30	7,30	0,00	2214	2214	0,00	1,791	1,791	0,00
4380-010	4,60	4,60	0,00	3907	3907	0,00	1,580	1,580	0,00
4380-011*	6,00	4,21	-29,91	1977	1386	-29,91	1,245	1,157	-7,06
4380-012	5,00	5,00	0,00	9295	9295	0,00	1,595	1,595	0,00
4380-013	5,45	5,45	0,00	10563	10563	0,00	1,419	1,419	0,00
4380-014*	7,50	4,89	-34,79	2450	1598	-34,78	1,752	1,182	-32,55
4380-015	6,46	6,46	0,00	16336	16336	0,00	1,355	1,355	0,00
4380-016	8,86	6,76	-23,72	5597	4269	-23,72	1,742	1,566	-10,10
4380-017	7,00	7,00	0,00	1934	1934	0,00	1,206	1,206	0,00
4380-018	5,00	5,00	0,00	1357	1357	0,00	1,108	1,108	0,00
4380-019	7,50	7,50	0,00	3798	3798	0,00	1,763	1,763	0,00
4380-020*	6,30	3,57	-43,40	4457	2522	-43,40	3,136	1,535	-51,05
4380-021	6,00	5,03	-16,20	8664	7261	-16,20	1,952	1,739	-10,91
4380-022*	5,20	3,24	-37,75	6563	2901	-55,80	2,099	1,663	-20,74
4380-023*	9,00	5,00	-44,44	1736	1357	-21,83	1,231	1,108	-10,03
4380-024	7,50	6,85	-8,72	2101	1918	-8,72	1,488	1,268	-14,74
4380-025	6,20	5,90	-4,80	3226	3071	-4,80	1,915	1,869	-2,40
4380-025-1*	6,20	3,42	-44,92	3193	1758	-44,92	1,605	1,318	-17,84
4380-026*	9,50	3,00	-68,39	4021	1271	-68,39	1,684	1,197	-28,91
4380-027	10,25	6,71	-34,57	2312	1838	-20,52	3,429	1,208	-64,76
4380-027-1*	10,25	3,44	-66,47	1075	970	-9,78	1,302	1,082	-16,92
4380-028*	5,00	2,98	-40,33	4605	1954	-57,55	1,320	1,191	-9,79

* OGM tarafından planlanan orman yolları

X_1 = Yol eğimi (%), X_2 = Yol uzunluğu (m), X_3 = Dolambaçlılık faktörü ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 33. Sosyal Etkinlik Senaryosu X₄ girdi değişkeni ve Y₁ ve Y₂ çıktı değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X ₄	X ₄ Hedef	X ₄ Projek.	Y ₁	Y ₁ Hedef	Y ₁ Projek.	Y ₂	Y ₂ Hedef	Y ₂ Projek.
4380-001	35,00	34,97	-0,09	365	409	11,97	77,6	77,6	0,00
4380-002	4,00	4,00	0,00	360	360	0,00	85,0	85,0	0,00
4380-003	8,00	8,00	0,00	365	365	0,00	80,8	80,8	0,00
4380-004	13,00	7,84	-39,67	300	315	4,88	70,0	70,0	0,00
4380-005	26,00	16,19	-37,73	300	337	12,40	78,1	78,1	0,00
4380-006	8,00	8,00	0,00	300	300	0,00	40,0	40,0	0,00
4380-007*	5,00	5,00	0,00	250	250	0,00	26,0	26,0	0,00
4380-008	9,00	9,00	0,00	300	300	0,00	59,5	59,5	0,00
4380-009	7,00	7,00	0,00	300	300	0,00	86,0	86,0	0,00
4380-010	15,00	15,00	0,00	250	250	0,00	74,0	74,0	0,00
4380-011*	8,00	3,93	-50,89	250	250	0,00	26,0	37,4	43,92
4380-012	29,00	29,00	0,00	300	300	0,00	79,5	79,5	0,00
4380-013	38,00	38,00	0,00	300	300	0,00	76,4	76,4	0,00
4380-014*	9,00	4,65	-48,32	300	300	0,00	30,0	45,9	52,99
4380-015	43,00	43,00	0,00	360	360	0,00	71,5	71,5	0,00
4380-016	18,00	11,84	-34,25	360	417	15,72	86,3	86,3	0,00
4380-017	4,00	4,00	0,00	250	250	0,00	75,0	75,0	0,00
4380-018	4,00	4,00	0,00	300	300	0,00	45,0	45,0	0,00
4380-019	10,00	10,00	0,00	300	300	0,00	67,5	67,5	0,00
4380-020*	16,00	7,71	-51,81	300	300	0,00	30,0	55,4	84,78
4380-021	27,00	20,39	-24,48	250	405	62,01	78,9	78,9	0,00
4380-022*	23,00	8,83	-61,60	300	300	0,00	13,0	57,9	345,38
4380-023*	7,00	4,00	-42,85	300	300	0,00	13,0	45,0	246,14
4380-024	7,00	6,39	-8,72	300	308	2,57	71,7	71,7	0,00
4380-025	12,00	9,58	-20,17	250	356	42,28	85,0	85,0	0,00
4380-025-1*	13,00	5,32	-59,09	250	250	0,00	24,0	43,0	79,08
4380-026*	16,00	3,76	-76,51	200	200	0,00	13,0	32,5	149,77
4380-027	9,00	7,07	-21,42	250	324	29,57	70,0	70,0	0,00
4380-027-1*	4,00	2,76	-30,99	200	200	0,00	18,0	29,4	63,07
4380-028*	18,00	5,57	-69,04	200	200	0,00	26,0	33,6	29,27

* OGM tarafından planlanan orman yolları

X₄= Kayıp orman (ha), Y₁= Hizmet süresi (gün), Y₂= Kazı şevlerinin yeşillenme oranı (%) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 34. Sosyal Etkinlik Senaryosu Y₃, Y₄ ve Y₅ çıktı değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	Y ₃	Y ₃ Hedef	Y ₃ Projek.	Y ₄	Y ₄ Hedef	Y ₄ Projek.	Y ₅	Y ₅ Hedef	Y ₅ Projek.
4380-001	4324	4324	0,00	15,52	21,81	40,54	160,65	229,48	42,84
4380-002	308	308	0,00	1,05	1,05	0,00	61,77	61,77	0,00
4380-003	246	246	0,00	7,71	7,71	0,00	0,83	0,83	0,00
4380-004	1439	1439	0,00	28,61	55,83	95,14	15,61	42,46	171,98
4380-005	940	940	0,00	35,65	38,06	6,78	76,75	76,75	0,00
4380-006	126	126	0,00	75,93	75,93	0,00	0,01	0,01	0,00
4380-007*	4797	4797	0,00	6,26	6,26	0,00	46,72	46,72	0,00
4380-008	655	655	0,00	62,21	62,21	0,00	60,44	60,44	0,00
4380-009	126	126	0,00	65,18	65,18	0,00	20,28	20,28	0,00
4380-010	655	655	0,00	0,01	0,01	0,00	2,69	2,69	0,00
4380-011*	816	816	0,00	0,01	5,81	1000<	0,01	39,41	1000<
4380-012	705	705	0,00	0,01	0,01	0,00	103,82	103,82	0,00
4380-013	834	834	0,00	0,01	0,01	0,00	60,82	60,82	0,00
4380-014*	658	658	0,00	0,01	7,23	1000<	1,18	46,77	1000<
4380-015	4233	4233	0,00	0,01	0,01	0,00	296,62	296,62	0,00
4380-016	742	901	21,38	0,01	38,55	1000<	81,91	81,91	0,00
4380-017	100	100	0,00	0,01	0,01	0,00	13,53	13,53	0,00
4380-018	352	352	0,00	0,01	0,01	0,00	44,43	44,43	0,00
4380-019	1060	1060	0,00	0,01	0,01	0,00	94,21	94,21	0,00
4380-020*	664	664	0,00	0,01	45,88	1000<	3,95	56,39	1000<
4380-021	708	1790	1000<	0,01	57,47	1000<	1000<	1000<	0,00
4380-022*	943	943	0,00	0,01	59,12	1000<	2,99	60,19	1000<
4380-023*	176	352	99,97	0,01	0,01	0,00	0,01	44,43	1000<
4380-024	488	488	0,00	0,01	11,29	1000<	9,40	9,40	0,00
4380-025	488	488	0,01	0,01	75,38	1000<	15,72	49,75	1000<
4380-025-1*	488	488	0,00	0,01	24,46	1000<	0,01	43,45	1000<
4380-026*	488	488	0,00	0,01	12,97	1000<	0,01	33,30	1000<
4380-027	488	488	0,00	0,01	6,90	1000<	0,01	3,43	1000<
4380-027-1*	488	488	0,00	0,01	0,36	1000<	0,01	30,16	1000<
4380-028*	488	488	0,00	0,01	11,62	1000<	0,01	45,17	1000<

* OGM tarafından planlanan orman yolları

Y₃= Mahalle nüfusu (kişi), Y₄= Estetik fonksiyonlu meşcerelere ulaşım (ha), Y₅= Ziraat-mera alanlarına ulaşım (ha) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

EK-6. Teknik Etkinlik Senaryosu için kullanılan değişkenlerin hedef ve projeksiyon değerleri (Ek Tablo 35-37)

Ek Tablo 35. Teknik Etkinlik Senaryosu X_1 , X_2 ve X_3 girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X_1	X_1 Hedef	X_1 Projek.	X_2	X_2 Hedef	X_2 Projek.	X_3	X_3 Hedef	X_3 Projek.
4380-001	4595	617	-86,56	0,491	0,447	-8,80	4,5	4,5	0,00
4380-002	1898	93	-95,10	0,286	0,200	-30,03	4,2	4,2	0,00
4380-003	8779	8779	0,00	0,550	0,550	0,00	3,7	3,7	0,00
4380-004	4394	4394	0,00	0,720	0,720	0,00	4,2	4,2	0,00
4380-005	10035	10035	0,00	0,611	0,611	0,00	4,3	4,3	0,00
4380-006	16909	16909	0,00	0,569	0,569	0,00	4,4	4,4	0,00
4380-007*	337	337	0,00	0,654	0,654	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-008	16398	8787	-46,42	0,688	0,612	-11,06	3,8	3,8	0,00
4380-009	8801	7047	-19,93	0,709	0,606	-14,45	4,1	4,1	0,00
4380-010	7719	3819	-50,52	0,704	0,642	-8,78	4,3	4,3	0,00
4380-011*	623	623	0,00	0,268	0,268	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-012	10759	2924	-72,82	0,698	0,465	-33,40	3,9	3,9	0,00
4380-013	10206	8033	-21,29	0,791	0,677	-14,33	4,1	4,1	0,00
4380-014*	942	942	0,00	0,678	0,678	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-015	14907	879	-94,10	0,580	0,263	-54,59	4,8	4,8	0,00
4380-016	9399	9399	0,00	0,139	0,139	0,00	4,1	4,1	0,00
4380-017	6960	6960	0,00	0,242	0,242	0,00	4,3	4,3	0,00
4380-018	12280	12280	0,00	0,150	0,150	0,00	3,8	3,8	0,00
4380-019	11963	6040	-49,51	0,659	0,332	-49,51	4,0	4,0	0,00
4380-020*	380	380	0,00	0,422	0,422	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-021	8729	6041	-30,80	0,267	0,214	-19,67	4,1	4,1	0,00
4380-022*	117	117	0,00	0,252	0,252	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-023*	1152	1152	0,00	0,891	0,891	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-024	2707	848	-68,68	0,586	0,553	-5,49	4,3	4,3	0,00
4380-025	1370	1370	0,00	0,739	0,739	0,00	3,8	3,8	0,00
4380-025-1*	868	780	-10,08	0,646	0,613	-5,01	5,0	5,0	0,00
4380-026*	153	153	0,00	0,178	0,178	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-027	8019	6091	-24,05	0,646	0,556	-13,99	3,9	3,9	0,00
4380-027-1*	1146	1146	0,00	0,502	0,502	0,00	5,0	5,0	0,00
4380-028*	635	635	0,00	0,217	0,217	0,00	5,0	5,0	0,00

* OGM tarafından planlanan orman yolları

X_1 = Yol deformasyon yoğunluğu (adet/km²), X_2 = Bakı puanı, X_3 = Platform genişliği (m) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 36. Teknik Etkinlik Senaryosu X₄, X₅ ve X₆ girdi değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	X ₄	X ₄ Hedef	X ₄ Projek.	X ₅	X ₅ Hedef	X ₅ Projek.	X ₆	X ₆ Hedef	X ₆ Projek.
4380-001	0,30	0,30	0,00	0,3	0,3	0,00	45	43	-4,33
4380-002	0,50	0,50	0,00	0,5	0,5	0,00	20	11	-43,81
4380-003	0,40	0,40	0,00	0,4	0,4	0,00	4	4	0,00
4380-004	0,60	0,60	0,00	1,0	1,0	0,00	10	10	0,00
4380-005	0,50	0,50	0,00	0,8	0,8	0,00	26	26	0,00
4380-006	0,50	0,50	0,00	0,6	0,6	0,00	8	8	0,00
4380-007*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	12	12	0,00
4380-008	0,20	0,20	0,00	0,4	0,4	0,00	8	7	-11,06
4380-009	0,44	0,44	0,00	0,5	0,5	0,00	9	8	-14,45
4380-010	0,40	0,40	0,00	0,5	0,5	0,00	12	11	-8,78
4380-011*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	10	10	0,00
4380-012	0,30	0,30	0,00	0,4	0,4	0,00	44	29	-33,40
4380-013	0,40	0,40	0,00	0,5	0,5	0,00	38	33	-14,33
4380-014*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	13	13	0,00
4380-015	0,40	0,40	0,00	0,5	0,5	0,00	145	66	-54,59
4380-016	0,50	0,50	0,00	0,4	0,4	0,00	54	54	0,00
4380-017	0,40	0,40	0,00	0,5	0,5	0,00	8	8	0,00
4380-018	0,30	0,30	0,00	0,4	0,4	0,00	6	6	0,00
4380-019	0,30	0,30	0,00	0,3	0,3	0,00	32	16	-49,51
4380-020*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	23	23	0,00
4380-021	0,40	0,40	0,00	0,4	0,4	0,00	64	51	-19,67
4380-022*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	34	34	0,00
4380-023*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	9	9	0,00
4380-024	0,30	0,30	0,00	0,4	0,4	0,00	6	6	-1,39
4380-025	0,20	0,20	0,00	0,3	0,3	0,00	1	1	0,00
4380-025-1*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	17	16	-7,35
4380-026*	0,50	0,50	0,00	1,0	1,0	0,00	21	21	0,00
4380-027	0,40	0,40	0,00	0,4	0,4	0,00	6	5	-13,99
4380-027-1*	5.0	4.3	-13.31	0.5	0.4	-19.56	1.0	0.8	-21.30
4380-028*	5.0	5.0	0.00	0.5	0.5	0.00	1.0	1.0	0.00

* OGM tarafından planlanan orman yolları

X₄= Banket genişliği (m), X₅= Hendek genişliği (m), X₆= Karşılaşma noktaları (adet) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

Ek Tablo 37. Teknik Etkinlik Senaryosu Y₁, Y₂ ve Y₃ çıktı değişkenleri hedef ve projeksiyon değerleri

Yol Kodu	Y ₁	Y ₁ Hedef	Y ₁ Projek.	Y ₂	Y ₂ Hedef	Y ₂ Projek.	Y ₃	Y ₃ Hedef	Y ₃ Projek.
4380-001	400	400	0,00	23	33	44,68	336,52	564,13	67,63
4380-002	250	250	0,00	3	7	117,18	28,77	89,46	210,95
4380-003	320	320	0,00	5	5	0,00	110,11	110,11	0,00
4380-004	500	500	0,00	6	6	0,00	115,59	115,59	0,00
4380-005	250	250	0,00	19	19	0,00	287,81	287,81	0,00
4380-006	300	300	0,00	8	8	0,00	94,90	94,90	0,00
4380-007*	363	363	0,00	8	8	0,00	75,39	75,39	0,00
4380-008	300	300	0,00	9	9	0,00	113,51	134,32	18,33
4380-009	440	440	0,00	5	5	6,87	77,19	96,19	24,61
4380-010	285	285	0,00	11	11	0,00	188,77	188,77	0,00
4380-011*	1670	1670	0,00	3	3	0,00	104,50	104,50	0,00
4380-012	570	570	0,00	24	24	0,00	335,19	419,72	25,22
4380-013	650	650	0,00	33	33	0,00	449,06	521,83	16,21
4380-014*	360	360	0,00	9	9	0,00	118,38	118,38	0,00
4380-015	720	720	0,00	41	41	0,00	500,72	577,96	15,43
4380-016	700	700	0,00	13	13	0,00	199,00	199,00	0,00
4380-017	500	500	0,00	5	5	0,00	78,81	78,81	0,00
4380-018	277	277	0,00	4	4	0,00	48,19	48,19	0,00
4380-019	570	570	0,00	11	11	0,00	130,21	160,22	23,04
4380-020*	440	440	0,00	14	14	0,00	202,96	202,96	0,00
4380-021	510	510	0,00	21	25	21,40	282,40	441,92	56,48
4380-022*	510	510	0,00	18	18	0,00	270,66	270,66	0,00
4380-023*	415	415	0,00	7	7	0,00	100,76	100,76	0,00
4380-024	450	450	0,00	5	5	7,57	71,86	97,98	36,35
4380-025	250	250	0,00	7	7	0,00	143,78	143,78	0,00
4380-025-1*	257	257	0,00	11	11	0,00	163,01	163,01	0,00
4380-026*	1000	1000	0,00	11	11	0,00	183,38	183,38	0,00
4380-027	270	270	0,00	4	5	30,18	101,64	101,64	0,00
4380-027-1*	175	175	0,00	2	2	0,00	72,10	72,10	0,00
4380-028*	400	400	0,00	12	12	0,00	237,38	237,38	0,00

* OGM tarafından planlanan orman yolları

Y₁= Ortalama yol aralık mesafesi (m), Y₂= Bölmelere bağlantı sayısı (adet), Y₃= İşletmeye Açılan Alan (ha) ve projeksiyon değerleri yüzdelik (%) olarak ifade edilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Taha Yasin HATAY, 1996 yılında Çanakkale Biga Sakarya İlkokulundan, 2000 yılında Çanakkale Biga Anadolu İmam Hatip Lisesinden, 2003 yılında Konya Büyükkoyuncu Fen Lisesinden mezun oldu.

2011 yılında KTÜ Orman Mühendisliği Bölümünden “Orman Mühendisi” unvanı ile mezun oldu. Aynı yıl içinde, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Bilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programına başladı. 2013 yılı aralık ayı itibari ile Fen Bilimleri Enstitüsünün açmış olduğu, Orman Mühendisliği ABD Araştırma Görevlisi Sınavında başarılı olarak göreve başladı. 2014 yılında bu programdan “Yüksek Orman Mühendisi” unvanı ile mezun oldu. 2018 yılında KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünde Orman İnşaatı-Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı bünyesinde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yıl içinde, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Bilim Dalı Doktora Programına başladı. Halen aynı fakültede eğitim hayatına ve görevine devam etmektedir.

Akademik hayatının dışında HATAY; tarih, satranç, kitap, edebiyat, bilgisayar ve web programlama konusunda hobilere sahiptir. Python, C#, Html ve PHP bilgisayar dillerini bilmektedir. Bilgisayar programcılığı ile Türkiye’de birçok kurumsal ve kamusal hizmet veren firmalarda web programlama alanında çalışmıştır.

1’i SCI/Expanded indeksli dergi, 1’i E-SCI indeksli dergi, 2’si Scopus indeksli dergi, ve 10’u ulusal ve uluslararası konferanslarda olmak üzere toplam 14 adet yayını mevcuttur. 1 adet TÜBİTAK 1002 projesinde ve 1 adet TÜBİTAK 1001 projesinde görev almıştır. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir. Yayınları aşağıda verilmiştir.

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler (SCI/SCI-E/ESCI/Scopus)

Gümüş, S., Ünver, Saliha, & Hatay, T. Y. (2020). Analysis of work accidents in wood harvesting: a case study of the East Black Sea region. *Forestist*, 70(1).

Gümüş, S., Hatay, T. Y., & Okan, S. Ü. (2019). Investigation of Relevance Between Landslide and Stand Areas on Open Source Web Map (Openlayers): Case Study in Trabzon Region. *European Journal of Forest Engineering*, 5(1), 11-17.

- Gümüş, S., Hatay, T. Y., Ünver, S., & Acar, H. H. (2018). A Research on Work Satisfaction of Forest Workers. *European Journal of Forest Engineering*, 4(2), 63-69.
- Gümüş, S., & Hatay, T. Y. (2017). A cost effectiveness approach for configuration of feasible skyline yarder for specific forest regions. *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 4656.

Hakemli Konferans/Sempozyumların Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar

- Mısırlıoğlu, G., Hatay, T. Y. & Gümüş, S. (2023). Determination of the Effect of Forest Road Construction on Existing Forest Assets with Geographic Information Systems. 3rd International Congress on Engineering and Life Science ICELIS 2023. 20-22 Eylül, 2023. Trabzon, Türkiye.
- Gümüş, S., Ünver S. & Hatay, T. Y. (2019). An Evaluation of General Situation and Importance of Forest Roads: Turkish Forestry. Human and Nature Oriented Forest Engineering - FETEC'19. 4-6 Eylül, 2018. Tirana, Arnavutluk.
- Gümüş, S. & Hatay, T. Y. (2019). Examination of Some Properties of Bursa Resort (Mesire) Areas with Open Source Web Mapping (OpenLayers). Human and Nature Oriented Forest Engineering - FETEC'19. 4-6 Eylül, 2018. Tirana, Arnavutluk.
- Acar, M., Gümüş, S., Ünver S. & Hatay, T. Y. (2018). Bölmeden Çıkarma Maliyetlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Belirlenmesi (Artvin Tütüncüler Orman İşletme Şefliği Örneği). 18-20 Ekim, 2018. Artvin, Türkiye.
- Gümüş, S., Hatay, T. Y. & Ünver S. (2018). Investigation of Relevance between Landslide and Stand Areas on Open Source Web Map (OpenLayers): Case Study in Trabzon. International Symposium People - Forest – Science (PEFOSS). 10-12 Ekim, 2018. Sarajevo, Bosna-Hersek.
- Gümüş, S., Hatay, T. Y. & Ünver S. (2018). Evaluation of Usage Capacity of Forest Trailers in Western Black Sea Region of Turkey. International Symposium People - Forest – Science (PEFOSS). 10-12 Ekim, 2018. Sarajevo, Bosna-Hersek.
- Gümüş, S., Hatay, T. Y. & Ünver S. (2018). Analysis of Socio-Economic Situation for Wood Production Workers in Supply Chain. International Forest Products Congress (ORENKO). 26-28 Eylül, 2018. Trabzon, Türkiye.
- Gümüş, S., Ünver S. & Hatay, T. Y. (2018). Analysis of Work Accidents of Wood Harvesting Workers: A Case Study of East Black Sea Region. International

Symposium People - Forest – Science (PEFOSS). 10-12 Ekim, 2018. Sarajevo, Bosna-Hersek.

Gümüş, S. & Hatay, T. Y. (2015). The Estimation of Extraction (Haulage) Distance for Forest Harvesting Using Terrain Model of 3D Virtual Globe of GoogleEarth®. FORMEC 2015: Forest engineering : Making a positive contribution, (pp. 271-276). 4-8 Ekim, 2015. Linz, Avusturya.

Gümüş, S., Hatay, T. Y., Acar, M. & Özkaya M. S. (2012). A Skyline Yarder Model Design Approach for Turkish Forestry. FORMEC 2012: Forest Engineering - Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment, (pp. 1-6). 8-10 Ekim, 2012. Dubrovnik (Cavtat), Hırvatistan.

Görev aldığı Bilimsel Araştırma Projeleri

Mısır M., Tübitak 1001 Projesi, Saf ve karışık karaçam (pinus nigra arnold. subsp. pallasiana (lamb.)) doğal meşcereleri için büyüme modellerinin geliştirilmesi, biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi, (2018-2023), Bursiyer.

Gümüş S., Tübitak 1002 Projesi, Orman Yollarının Fonksiyonel Duruma Bağlı Etkinlik Skorunun Belirlenmesi, (2022-2023), Bursiyer.