



Türkiye’de Orman Bölge Müdürlüklerinin orman yol yapımı ve bakımı maliyetlerinin k-medoid kümeleme yöntemi ile kümelmesi

Anıl Orhan Akay^{1*}

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy/Sarıyer/İstanbul

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 07/10/2024

Kabul Tarihi : 24/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1557108>

*Sorumlu Yazar:

aoakay@iuc.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Orman yolları, odun üretimi, silvikültürel müdahaleler gibi aktivitelerin gerçekleştirilmesi için önemli altyapılardır. Bu bağlamda, bu aktivitelerin sürekli olarak yapılabilmesi için belirli dönemler halinde hem orman yollarının yapımı hem de inşaatı yapılan orman yollarının bakımı söz konusu olmaktadır. Söz konusu bu yol yapımı ve bakım aktiviteleri yüksek maliyet oluşturan aktivitelerdir. Bu bağlamda, farklı faktörler nedeniyle (topoğrafik

koşullar, iklimsel koşullar, odun üretimi vb.) orman yolu yapımı ve orman yol bakımı aktivitelerinin maliyetleri bölgesel olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de 2015-2023 yılları arasında 28 adet orman bölge müdürlüklerinde gerçekleştirilen ortalama orman yolu yapımı ve orman yolu bakımı maliyet değerlerini dikkate alarak, orman bölge müdürlüklerini kümelemektir.

Yöntem Çalışmada kümeleme analizi yöntemi olarak k-medoid kümeleme yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular 2015-2023 yılları arası Türkiye geneli ortalama orman yolu yapım maliyetinin 5.223,13 \$/km olduğu, orman yolu bakım maliyetinin ise 73,96 \$/km olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarına göre ise orman bölge müdürlüklerinin maliyetler açısından beş kümeye ayrılarak bölgesel olarak farklı dağılım gösterdiği, üç kümenin ortalamasının hem orman yolu yapım hem de orman yolu bakım değişkeni açısından Türkiye ortalaması üstünde olduğuna ulaşılmıştır. Bu kümelere bulunan orman bölge müdürlüklerinin ağırlıklı olarak Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuçlar Çalışmada kullanılan yöntem, orman yolu yapım ve bakım maliyetleri açısından ilgili orman bölge müdürlüklerinin mekânsal olarak değerlendirilmesine imkân sağlamıştır. Bu bağlamda ulaşılan sonuçlar planlama aşamasında ilgili aktiviteler için oluşturulan bütçelerin mekânsal olarak doğru biçimde dağıtılmasına katkı sağlayacaktır. İlerleyen çalışmalarda, il, orman işletme müdürlüğü veya orman işletme şefliği ölçeğinde kümeleme analizleri yapıp bölgesel maliyet durumları daha kapsamlı ortaya koyulabilir.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme analizi, odun üretimi, orman yolları, yol bakımı

Clustering of forest road construction and maintenance costs of Regional Forest Directorates in Türkiye using k-medoid clustering method

ABSTRACT

Background and aims Forest roads are important infrastructures for wood harvesting, silvicultural interventions etc. In this context, in order to carry out these activities continuously, both the forest roads construction and the maintenance of constructed forest roads are necessary in certain periods. These road construction and maintenance activities are high-cost activities. In this context, due to different factors (topographic conditions, climatic conditions, wood harvesting, etc.), the costs of forest road construction and forest road maintenance activities are may vary regionally. The aim of this study is to cluster the forest regional directorates by considering the average cost values of forest road construction and forest road maintenance activities carried out in 28 forest regional directorates in Türkiye between 2015 and 2023.

Methods In the study, the k-medoid clustering method was used as the clustering analysis method.

Results It was determined that the average forest road construction cost in Turkey between 2015-2023 was 5,223.13\$/km, and the forest road maintenance cost was 73.96 \$/km. According to the results, it was found that the regional forest directorates were divided into five clusters in terms of costs and showed a regionally different distribution, and the average of three clusters was above the Turkey average in terms of both forest road construction and forest road maintenance variables. It also has been determined that the forest regional directorates in these clusters were mainly located in the Black Sea and Mediterranean regions.

Conclusion The method used in the study has enabled the spatial evaluation of the relevant forest regional directorates in terms of forest road construction and maintenance costs. In this context, the results obtained will contribute to the correct spatial distribution of the budgets created for the relevant activities in the planning phase. In further studies, clustering analyses can be conducted at the provincial, forest enterprise directorate or forest enterprise chief scale and regional cost situations can be more comprehensively revealed.

Key Words: Clustering analysis, wood harvesting, forest roads, road maintenance

Bu makaleye atf:

Akay, A.O. 2024. Türkiye’de Orman Bölge Müdürlüklerinin orman yol yapımı ve bakımı maliyetlerinin k-medoid kümeleme yöntemi ile kümelmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 139-147.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman yolları, orman kaynaklarının kullanımı ve değerlendirilmesi için öncelikli altyapılardır (Rodrigues et al., 2024). Orman yol ağı planlaması, tasarımı, inşası ve bakımı, orman yollarının sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi ve kullanılması için gerekli olan maliyetli aşamaları içermektedir (Picchio et al., 2018). Orman yollarının yapım ve bakım maliyetlerinde farklı faktörler etkili olabilmektedir. Bunlar arasında bölgesel olarak değişkenlik gösterebilen topoğrafik koşullar (eğim, zemin durumu vb.), iklimsel koşullar, birim orman alanındaki orman serveti, bölgede gerçekleştirilen odun üretimi miktarlarına bağlı olarak yoldaki araç kullanımı gibi faktörler sayılabilir (Stückelberger et al., 2006; Najafi and Richards, 2013; Krumov, 2019; Jaafari et al., 2021; Motlagh et al., 2024). Bu gibi faktörler orman yollarının yapım ve bakım maliyetini etkilemekle birlikte, buna bağlı olarak da bölgesel olarak orman yolu yapım ve bakımında maliyet farklılıkları oluşturabilmektedir. İlgili literatür incelendiğinde orman yolu maliyetleri ile ilgili farklı amaçlarla gerçekleştirilmiş farklı çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Jaafari et al. (2021) orman yolu inşaat maliyetlerinin tahmini için, 3 km uzunluğunda bir orman yolu için, beş farklı makine öğrenmesi metodunu kullanmış ve elde edilen maliyet değerlerinin ihale süreçlerinde finansal kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasına imkân sağlayacağını belirtmiştir. Benzer bir çalışmada, Ghajar et al. (2013) engineer's metot kullanarak orman yolu inşaat maliyetlerinin tahmini gerçekleştirmiştir. Bruce et al. (2011) ise Microsoft Excel ortamında spreadsheet tabanlı uygulama kullanarak orman yolu maliyet tahmini yapmıştır. Bir başka çalışmada ise yaşam döğü maliyetlerine dayalı olarak iç karlılık oranı metodu ile orman yolu yapım, bakım ve tomruk sürütme maliyetlerinin tahmini yapılmıştır (Tampekis et al., 2018). Pazhouhan et al. (2017) ise 1 km uzunluğunda bir orman yolunda yol alt yüzey materyalinin kazı-dolgu maliyetlerine olan etkisini değerlendirmiştir. Abdi et al. (2009), coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli değerlendirme yöntemini kullanarak farklı orman yol güzergâhlarını maliyet ve teknik gereksinimler açısından karşılaştırmıştır. Belirtilen bu çalışmalarda, mekânsal olarak (il veya bölge tabanlı şekilde) orman yollarının yapım ve bakım maliyetlerine göre farklılık/benzerlik durumlarının ortaya konmadığı görülmektedir.

Bölgesel nitelikte, büyük ölçüde mekânsal olarak orman yol yapım ve bakım maliyetlerinin benzerlik/farklılık durumlarına göre sınıflandırılması hem bu faaliyetlerin planlanması hem de ilgili gerekli bütçelerin iyi olarak dağıtılması açısından önem taşımaktadır. Bu açıdan kümeleme analizi yöntemi farklı alanlardaki çalışmalarda da görüldüğü üzere bu konuda da kullanılabilir. Kümeleme analizi yaklaşımı, küme içi benzerlikleri en üst düzeye çıkarırken, kümeler arası benzerlikleri en az düzeye indirerek, eldeki verileri birkaç kümeye ayırmayı amaçlamaktadır (Fan et al., 2018). Son yıllarda farklı alanlarda kümeleme analizi yöntemleri kullanılarak bölgesel/mekânsal nitelikte yapılan farklı çalışmaların olduğu görülmektedir. Bunlar arasında karayollarında trafik sınıflandırması (Shang et al., 2022), enerji tüketimi değerlendirmesi (Wang et al., 2020), yağış dağılımının değerlendirilmesi (Jin et al., 2021), afet durumunun mekânsal dağılımının değerlendirmesi (Akgul et al., 2022), iş kazalarının

değerlendirilmesi (Akay et al., 2021) gibi çalışmalar olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, bölgesel ölçekte Türkiye'deki 28 adet orman bölge müdürlüğünü 2015-2023 yılları arası gerçekleştirilen orman yolu yapım ve bakım faaliyetlerini maliyet değerlerine göre kümelemek, diğer bir anlamda benzerlik/farklılık durumlarını belirlemektir. Çalışmada kümeleme yöntemi olarak K-medoid kümeleme yöntemi kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Araştırma alanının tanıtımı ve kullanılan veriler

Bu çalışmada Türkiye'de bulunan 28 adet orman bölge müdürlüğü sınırları (Şekil 1) içerisinde gerçekleştirilen 2015-2023 yılları arasındaki orman yol yapımı ve orman yol bakımı çalışmalarının maliyet değerleri kullanılmıştır. İlgili orman bölge müdürlüklerinin Türkiye'deki konumu coğrafi bölgelere göre Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Coğrafi bölgelere göre orman bölge müdürlüklerinin konumu

Ayrıca orman bölge müdürlükleri Şekil 1'den de görüleceği üzere farklı coğrafi bölgelerde yayılış gösterdiği için coğrafi bölgelerin ortalama olarak eğim (Elibüyük ve Yılmaz, 2010) ve yıllık alansal yağış değerleri (MGM, 2024) Çizelge 1'de verilmiştir. Öte yandan orman bölge müdürlüklerinde gerçekleştirilen dönemsel olarak ortalama odun üretimi miktarları ve ortalama birim alan başına düşen orman serveti miktarlarına ait değerler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Coğrafi bölgelerin ortalama eğim ve yağış değerleri

Coğrafi bölgeler	Maksimum eğim (%) ve ortalama eğim (%) ^a	Yıllık ortalama alansal yağış (1991-2020) (mm) ^b
Karadeniz Bölgesi	302 - 26	697,00
Marmara Bölgesi	148 - 12,1	670,00
Ege Bölgesi	211 - 15,6	604,70
Akdeniz Bölgesi	388 - 20,9	665,10
İç Anadolu Bölgesi	235 - 9,6	402,20
Doğu Anadolu Bölgesi	292 - 21,4	537,30
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	200 - 8,8	533,90

^a (Elibüyük ve Yılmaz, 2010), ^b (MGM, 2024)

Çizelge 2. Orman bölge müdürlüklerinin ortalama odun üretimi değerleri ve orman alanı başına orman serveti değerleri (2015-2023) (OGM, 2024a, OGM, 2024b)

Orman Bölge Müdürlüğü	Endüstriyel odun üretimi (m ³)	Yakacak odun üretimi (ster)	Orman alanı başına orman serveti (m ³ /ha)
Adana	1.048.057,02	234.826,88	75,99
Amasya	1.165.666,73	436.941,44	57,27
Ankara	503.616,57	120.639,44	58,62
Antalya	1.320.227,63	390.347,20	87,31
Artvin	234.069,47	76.261,00	144,51
Balıkesir	1.008.352,01	259.094,66	95,56
Bolu	1.421.548,18	244.284,77	195,16
Bursa	1.145.483,72	342.138,88	84,02
Çanakkale	775.138,63	214.525,12	99,24
Denizli	638.162,71	123.139,77	53,14
Elazığ	12.961,18	44.125,11	14,52
Erzurum	153.972,56	64.057,88	50,79
Eskişehir	272.647,77	105.816,77	42,03
Giresun	722.933,49	100.030,55	132,47
Isparta	482.024,59	93.704,00	44,41
İstanbul	1.019.838,87	413.726,88	87,53
İzmir	1.073.003,87	148.169,33	45,27
Kahramanmaraş	413.754,16	112.253,77	44,25
Kastamonu	2.152.815,55	367.760,66	160,64
Kayseri	257.202,22	55.756,33	23,83
Konya	198.812,28	60.886,40	21,22
Kütahya	656.143,47	181.809,00	79,10
Mersin	719.082,74	95.901,77	53,29
Muğla	1.317.197,90	212.057,77	67,41
Sakarya	629.637,31	287.353,55	101,80
Şanlıurfa	2.639,33	108.670,77	11,94
Trabzon	227.244,27	60.244,77	116,47
Zonguldak	1.514.523,76	234.904,44	195,25

Bu bağlamda, çalışmada 2015-2023 yılları arasındaki orman yol yapımı ve bakım maliyet değerlerinin ortalamaları çalışmada kullanılmıştır. İlgili maliyet verileri Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) ilgili yıllardaki faaliyet raporlarından alınmıştır (OGM, 2024a). Orman yol yapımı ve orman yol bakımı için km başına düşen maliyet değerleri Türk lirası olarak hesaplanmış ve bu değerler her bir yıl için ortalama yıllık Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) dolar kuru dikkate alınarak (TCMB, 2024) dolar fiyatı olarak hesaplanmıştır. Kümeleme analizinde her bir orman bölge müdürlüğü'nün 2015-2023 yılları arasındaki ortalama olarak km başına hesaplanan orman yolu yapım ve bakım maliyet değerleri "\$/km" olarak kullanılmıştır. İlgili ortalama maliyet değerleri 2015-2023 yılları için Türkiye'deki orman bölge müdürlüklerine göre Çizelge 3'te verilmiştir. 2015-2023 yılları arası her bir orman bölge müdürlüğü için hesaplanan ortalama orman yolu yapım ve orman yolu bakım değerlerinin ortalamaları alınarak Türkiye genelindeki ortalama değerler elde edilmiştir. Buna göre Türkiye ortalaması olarak ortalama orman yolu yapım maliyeti 5.223,13 \$/km, orman yolu bakım maliyeti ise 73,96 \$/km olarak elde edilmiştir. İlgili verilerin kümeleme analizinde, K-medoid kümeleme analizi yöntemi kullanılmış ve söz konusu analizler R Studio istatistik yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye'de orman yol yapımı ve orman yol bakımı değerlerinin ortalama değerleri (2015-2023)

Orman Bölge Müdürlüğü	Orman Yol Yapım Maliyeti (\$/km)	Orman Yol Bakım Maliyeti (\$/km)
Adana	6.025,39	105,09
Amasya	5.589,88	67,70
Ankara	3.918,17	47,88
Antalya	8.997,31	70,57
Artvin	9.633,57	106,90
Balıkesir	3.783,72	53,88
Bolu	6.249,41	150,59
Bursa	3.830,76	72,89
Çanakkale	3.462,24	40,34
Denizli	4.348,46	50,91
Elazığ	2.653,58	19,37
Erzurum	3.226,73	35,37
Eskişehir	4.046,45	46,56
Giresun	6.976,31	204,59
Isparta	5.245,38	37,73
İstanbul	3.550,69	36,05
İzmir	5.220,26	66,59
Kahramanmaraş	4.591,11	63,02
Kastamonu	6.677,06	99,44
Kayseri	3.813,98	33,51
Konya	4.106,96	22,23
Kütahya	4.011,48	71,91
Mersin	6.283,38	50,90
Muğla	7.029,94	83,79
Sakarya	4.822,39	83,51
Şanlıurfa	2.929,13	40,07
Trabzon	8.294,35	179,24
Zonguldak	6.929,55	130,30
Türkiye Ortalaması	5.223,13	73,96

2.2 K-medoid kümeleme analizi yöntemi

Kümeleme yöntemi veri biliminde yaygın olarak kullanılan bir metot olup, veri setlerindeki benzer grupları veya kümeleri tanımlamak için kullanılmaktadır (Sureja et al., 2022). Kümeleme algoritmaları genel olarak hiyerarşik ve bölümlenmeli olarak ikiye ayrılmaktadır (Jain, 2010). K-ortalama kümeleme algoritması, en popüler ve en basit bölümlenmeli (partisyonel) algoritmadır. Kaufman and Rousseeuw (1990) tarafından ortaya konulan K-medoid kümeleme yöntemi ise, K-ortalamalara benzer bir bölümlenmeli kümeleme algoritması olup, her iki algoritmada da, tüm veri noktaları ile ilgili küme merkezleri arasındaki mesafeleri en aza indirmek için ilgili veri setini K kümeyle bölmek amaçlanmaktadır (Sobrinho Campolina Martins et al., 2024). K-medoid, K-ortalamalardan özellikle grup merkezinin seçilmesinde farklılık göstermektedir. K-ortalama merkez noktasının seçiminde veri noktalarından birinden küme noktasının ortalamasını kullanırken, K-medoid ise gerçek veri noktalarını kümeden merkezler olarak seçmektedir (Whasphuttisit et al., 2022).

K-medoid kümeleme yönteminin ilk algoritmalarından biri olan Partitioning Around Medoids (PAM) nesne çiftlerini dikkate almaktadır (Kaufman and Rousseeuw, 1990). Bu çalışmada PAM algoritması kullanılmıştır. K-medoid

yönteminde kümelemede ortalama yerine medyanın kullanılması aykırı değerlere karşı sağlamlığı artırmaktadır (Velmurugan, 2010). Bir başka açıdan da, Dsouza et al. (2017) K-medoid yönteminin K-ortalamlar yöntemine göre veri işleme süresi, aykırı değerlere karşı duyarsızlık ve gürültü azaltma konularında daha iyi olduğunu, ancak karmaşıklılığının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. K-medoid kümeleme analizinde, en iyi kümelemeyi sağlamak için amaç fonksiyonu önemli ölçüde minimize edilmeye çalışılmaktadır. Öklid mesafe yöntemi genellikle benzerlik metriklerini aratmak için kullanılmaktadır (Martino et al., 2019). K-medoid kümeleme yönteminin amaç fonksiyonu (J_m) Eşitlik 1’de, Öklid mesafesi ise Eşitlik 2’de verilmiştir.

$$J_m = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} d(x, c(i))^2 \quad [1]$$

$$d_E(A, B) = \sum_{i=1}^N |a_i - b_i| \quad [2]$$

d: belirli bir centroidin temsil nesnesi

c(i): belirli bir küme

S: veri noktalarının toplam sayısı

d_E : N sayısal özneliğe sahip A ve B veri noktaları arasındaki Öklid uzaklığıdır.

Farklı değerlendirme değişkenleri, farklı boyutlarda (nümerik farklılıklar) ve farklı birimlerde olabildiğinden bu durum analiz sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle değişkenler arasındaki boyut farklılıklarını ortadan kaldırmak ve karşılaştırılabilirliği daha iyi sağlamak için normalizasyon gereklidir (Zhen et al. 2023). Farklı normalizasyon yöntemleri olmakla beraber, bunlar arasında Z-skor veri standartlaştırma yöntemi normalizasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Z-skor veri standartlaştırma yönteminde, değerler aritmetik ortalaması 0, varyansı 1 olacak şekilde yeni değerlere dönüştürülmektedir. İlgili normalizasyon metodu Eşitlik 3’te belirtilmiştir.

$$X' = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad [3]$$

X' = Normalize edilmiş veri

x_i = Gözlem değeri

μ_i = Gözlem değerlerinin ortalaması

σ_i = Gözlem değerlerinin standart sapması

İlgili veriler kümeleme analizi yapılmadan Z-skor veri standartlaştırma yöntemine göre normalize edilmiştir. En uygun küme sayısı (k)’nın belirlenmesinde farklı yöntemler olmakla birlikte, literatürde standart bir kural bulunmamaktadır (Tibshirani et al., 2001). Bu çalışmada küme sayısının belirlenmesinde Elbow yöntemi kullanılmıştır. Elbow yöntemi önce küme içi kareler toplamını (within-cluster sum of square) (WSS) hesaplamakta ve ardından WSS eğrisini küme sayısına göre çizmektedir. Çizimdeki bir bükülmenin (diz) konumu uygun küme sayısı k olarak kabul edilmektedir (Yao and Kim, 2022). WSS, Eşitlik 4’te gösterilmiştir.

$$WSS = \sum_{i=1}^{nc} (x_i - c_i)^2 \quad [4]$$

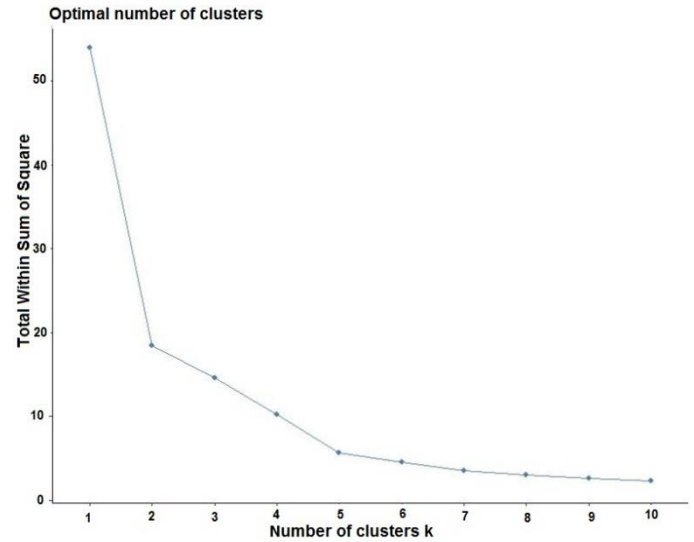
nc: toplam küme sayısı

x_i : her kümedeki veri noktası

c_i : küme merkez yeri

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada öncelikli olarak, k-medoid kümeleme analizi için en uygun küme sayısının belirlenmesinde Elbow yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem dikkate alındığında küme sayısı 5 olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Elbow yöntemi ile küme sayısının bulunması

Küme sayısı beş olarak dikkate alındığında, K-medoid kümeleme analizi sonuçlarına göre elde edilen küme büyüklükleri ve orman bölge müdürlüklerinin kümelere göre dağılımı sırasıyla Çizelge 4 ve Çizelge 5’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kümede bulunan orman bölge müdürlüğü sayısının en fazla olduğu kümenin 3 numaralı küme (%35,71) en az olduğu kümelerin ise 4 ve 5 no’lu kümeler (%7,14) olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Çizelge 4).

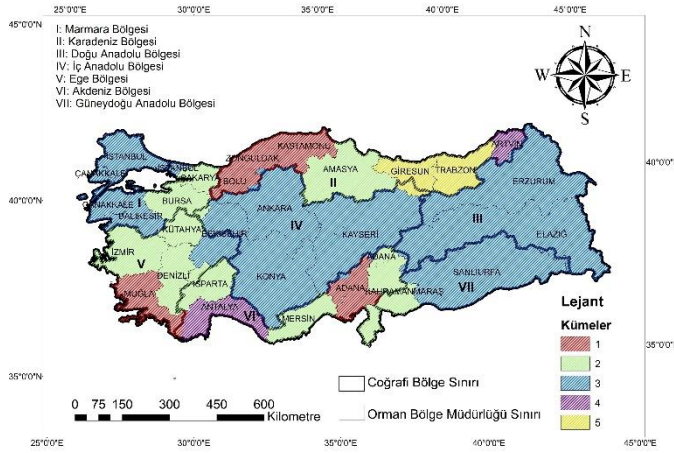
Çizelge 4. Kümelerin büyüklükleri

Küme no	Kümede bulunan orman bölge müdürlüğü sayısı	Yüzdesi
1	5	%17,8
2	9	%32,14
3	10	%35,71
4	2	%7,14
5	2	%7,14

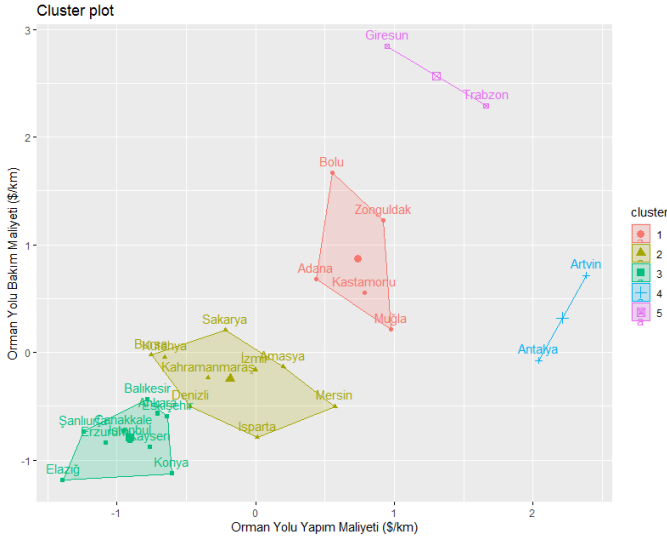
Çizelge 5. Kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin dağılımı

Küme no	Kümede bulunan orman bölge müdürlükleri
1	Adana, Bolu, Kastamonu, Muğla, Zonguldak
2	Bursa, Denizli, İzmir, Kahramanmaraş, Sakarya, Amasya, Mersin, Isparta, Kütahya
3	Ankara, Balıkesir, Çanakkale, Elâzığ, Erzurum, Eskişehir, Kayseri, Konya, Şanlıurfa, İstanbul
4	Antalya, Artvin
5	Giresun, Trabzon

Elde edilen kümelerin her iki maliyet değişkenine göre orman bölge müdürlükleri açısından dağılımları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Coğrafi bölgeler açısından orman bölge müdürlüklerinin kümelerine göre dağılımı



Şekil 4. Orman bölge müdürlüklerinin maliyet değişkenlerine göre küme dağılımları

Elde edilen kümelerin, kullanılan her iki değişken açısından sahip olduğu tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

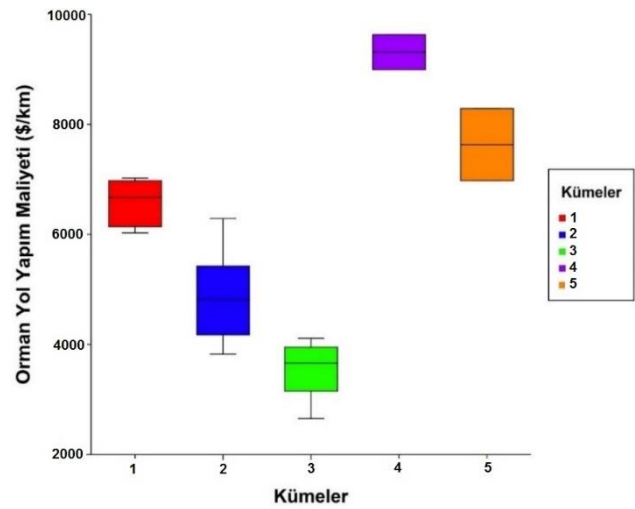
Çizelge 6. Kümelerin tanımlayıcı istatistik değerleri.

Küme No	Orman Yol Yapımı Maliyeti (\$/km)			Orman Yol Bakım Maliyeti (\$/km)		
	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.
1	6.025,39	7.029,94	6.582,27	83,79	150,59	113,84
2	3.830,76	6.283,38	4.882,57	37,73	83,51	62,80
3	2.653,58	4.106,96	3.549,17	19,37	53,88	37,53
4	8.997,31	9.633,57	9.315,44	70,57	106,90	88,74
5	6.976,31	8.294,35	7.635,33	179,24	204,59	191,92

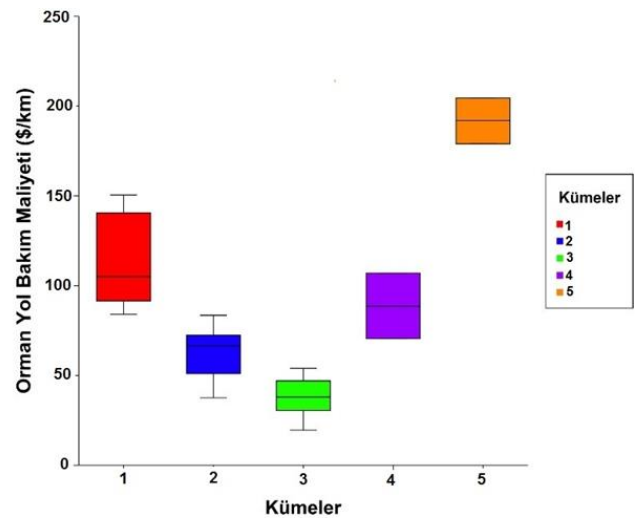
Elde edilen sonuçlara göre, orman yolu yapım maliyeti değişkeni açısından ortalama değerin en fazla olduğu kümenin 4 numaralı küme olduğu (9.315,44 \$/km), bunu sırasıyla 5 numaralı (7.635,33 \$/km), 1 numaralı (6.582,27 \$/km), 2

numaralı (4.882,57 \$/km) ve 3 numaralı (3.549,17 \$/km) kümelerin takip ettiği görülmektedir (Şekil 5-Çizelge 6). Türkiye ortalaması orman yolu yapım maliyet değeri olan 5.223,13 \$/km değeri dikkate alındığında ise, 1 numaralı, 4 numaralı ve 5 numaralı küme ortalamalarının bu değerin üstünde olduğu, diğer kümeler olan 2 ve 3 numaralı kümelerin ortalamalarının ise bu değerin altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 5-Çizelge 6).

Bir diğer değişken olan orman yol bakımı maliyeti değişkeni dikkate alındığında ise ortalama değer açısından en yüksek değerin olduğu kümenin 5 numaralı küme olduğu (191,92 \$/km), bu sırasıyla 1 numaralı (113,84 \$/km), 4 numaralı (88,74 \$/km), 2 numaralı (62,80 \$/km) ve 3 numaralı (37,53 \$/km) kümelerin takip ettiği görülmektedir. Türkiye ortalaması orman yolu bakım maliyet değeri olan 73,96 \$/km değeri dikkate alındığında ise, 1 numaralı, 4 numaralı ve 5 numaralı küme ortalamalarının bu değerin üstünde olduğu, diğer kümelerin ortalamalarının ise bu değerin altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 6-Çizelge 6).



Şekil 5. Orman yolu yapım maliyeti değişkenine göre kümelerin dağılımı



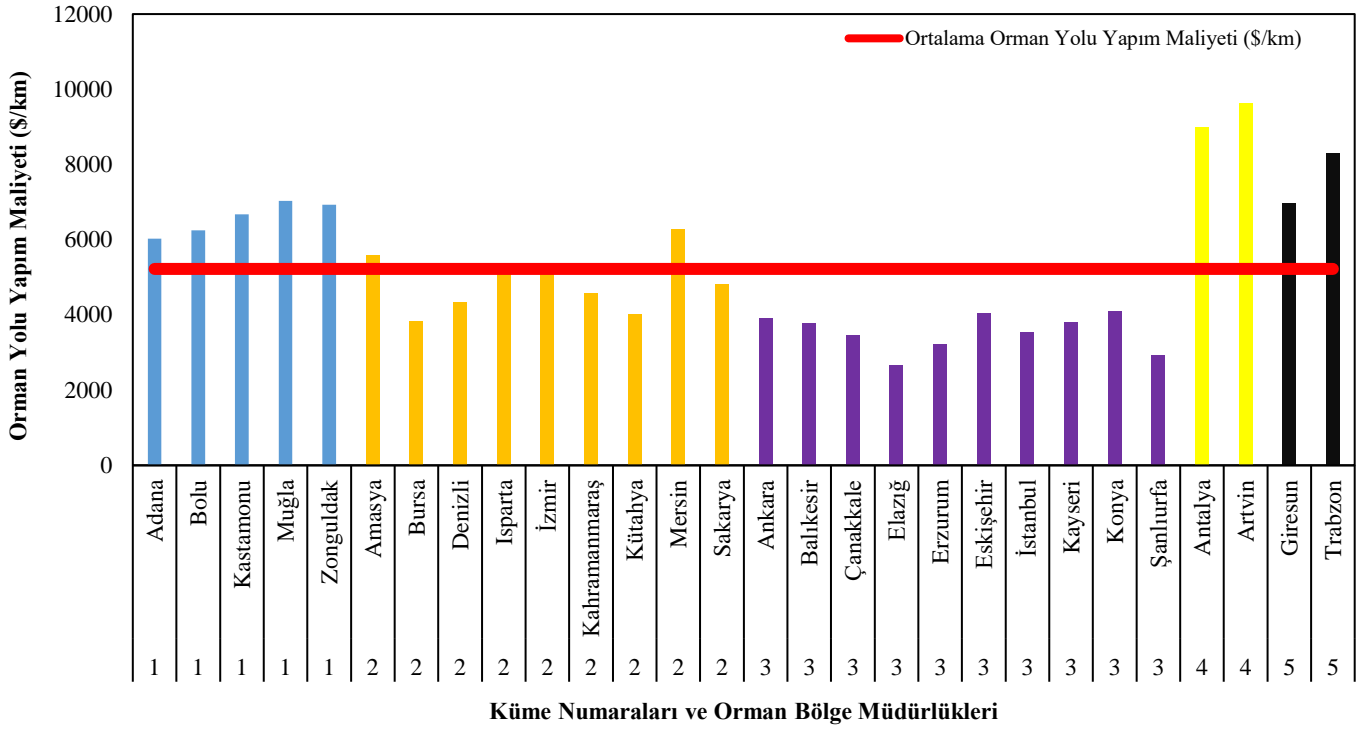
Şekil 6. Orman yolu bakım maliyeti değişkenine göre kümelerin dağılımı

Kümelerde bulunan orman bölge müdürlüklerinin ortalama orman yol yapımı ve ortalama orman yol bakım maliyetlerine göre durumları sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8’de verilmiştir. İlk olarak Şekil 7 değerlendirildiğinde 1, 4 ve 5 numaralı kümelerde bulunan orman bölge müdürlüklerinin tamamının ortalamanın üstünde yer aldığı görülmektedir. 2 numaralı kümede yer alan Mersin ve Amasya orman bölge müdürlüklerinin orman yolu yapım maliyetinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. 3 numaralı kümede bulunan tüm orman bölge müdürlüklerinde ise orman yol yapım maliyetinin Türkiye ortalamasının altında kaldığı görülmektedir. 3 numaralı kümede bulunan orman bölge müdürlüklerine bakıldığında ağırlıklı olarak ortalama eğimin diğer bölgelere göre düşük olduğu coğrafi bölgelerde (Çizelge 1-Şekil 3) olduğu görülmektedir.

Orman yol bakımı maliyeti açısından kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin durumu incelendiğinde, iki orman bölge müdürlüğünün yer aldığı 5 numaralı kümede bulunan Giresun ve Trabzon’un Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu belirlenmiştir. Diğer kümelerdeki durum değerlendirildiğinde ise orman yol bakım maliyeti açısından Türkiye ortalamasının altında ve üstünde bulunan orman bölge müdürlükleri bulunmaktadır. 1 numaralı kümede bulunan tüm orman bölge müdürlüklerinin ortalamanın üstünde diğerlerinin ise genel olarak altında kaldığı görülmektedir. 2 numaralı kümede sadece orman bölge müdürlüğü olarak Sakarya’nın ortalamanın üzerinde olduğu diğerlerinin ise altında olduğu bulunmuştur. 3 numaralı kümede ise tüm orman bölge müdürlüklerinin ortalama orman yol bakım maliyetinin altında kaldığı belirlenmiştir. Son olarak iki orman bölge müdürlüğü bulunan 4 numaralı kümedeki durum incelendiğinde ise Artvin Orman Bölge Müdürlüğünün Türkiye ortalamasının üzerinde kaldığı diğer orman bölge müdürlüğü olan Antalya’nın ise altında kaldığı belirlenmiştir.

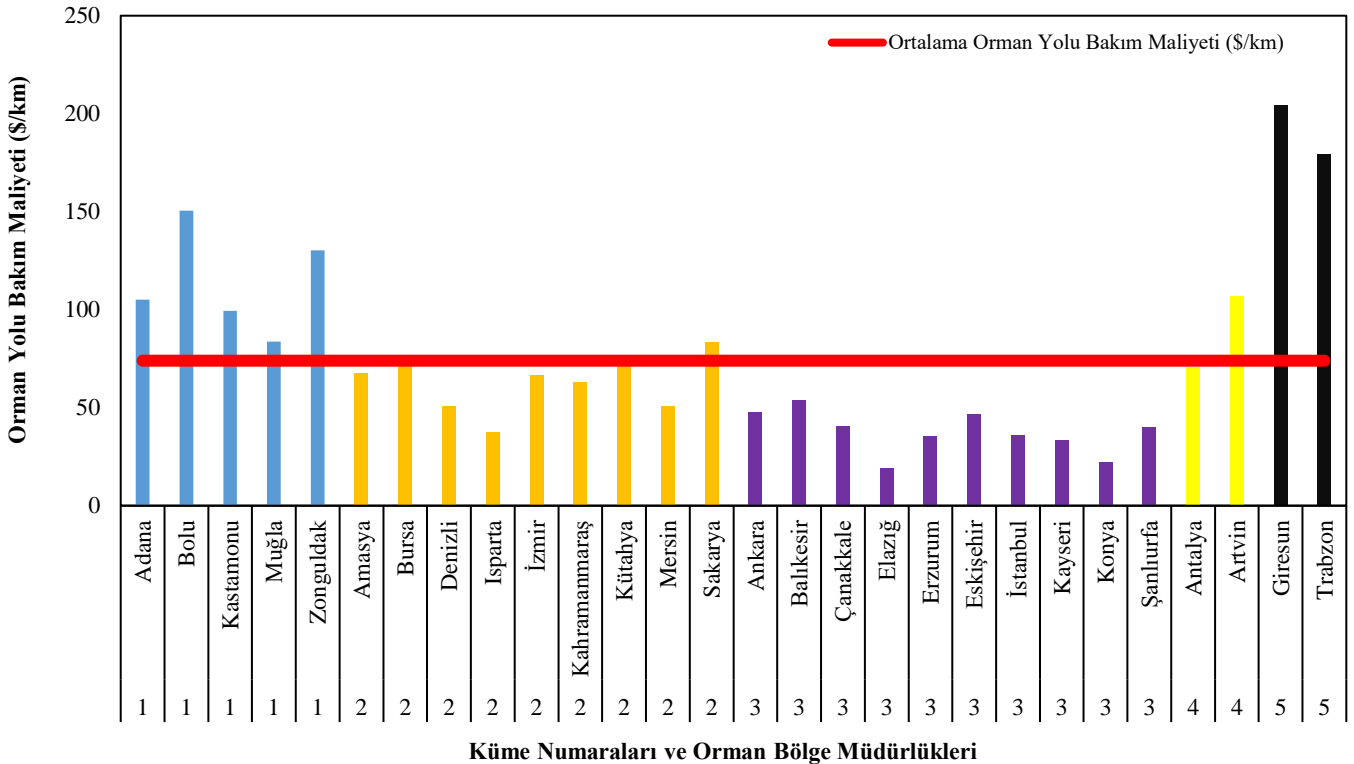
Her iki değişken açısından da Türkiye ortalamasına göre küme ortalamalarının altında ve üstünde bulunan kümelerin benzer olduğu görülmektedir. Genel olarak çalışmada elde edilen kümeler hem genel olarak hem de kümelerde bulunan orman bölge müdürlükleri açısından, orman yol yapım ve orman yol bakım değişkenleri ayrı ayrı dikkate alınarak Türkiye maliyet ortalamaları ile kıyaslanmıştır. Küme ortalamaları ve kümelerde bulunan orman bölge müdürlükleri açısından Türkiye ortalaması ile değerlendirildiğinde orman yol yapımı

açısından ortalamanın üstünde kalan küme ve orman bölge müdürlüklerinin ağırlıklı olarak Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde olduğu bulunmuştur. Ortalamanın altında kalan kümelerde yer alan orman bölge müdürlüklerinin ise diğer bölgelerde kaldığı görülmektedir. Orman yolu bakım değişkeni açısından da benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu durumun nedeninin Karadeniz ve Akdeniz bölgesinin genel olarak maksimum ve ortalama eğimlerinin ve yağış miktarlarının diğer coğrafi bölgelere daha yüksek değerlere sahip olmasından (Çizelge 1) kaynaklandığı düşünülmektedir. Yağış ve bölgesel eğim değerlerinin yüksek olmasının, özellikle üst yapısı olmayan orman yollarında oluşan deformasyonlar ve sediment birikimi artışına bağlı olarak yol bakım sıklıklarını ve buna bağlı olarak da maliyetleri artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca, ilgili orman bölge müdürlüklerinde bulunan odun üretimi miktarlarının genel olarak yüksek değerlere sahip olması (Çizelge 2) ve buna bağlı olarak orman yolunun kullanım oranının (trafik) daha yoğun olduğu düşünülmektedir. Öte yandan ilgili orman bölge müdürlüklerinde birim alan başına düşen orman serveti miktarının genel olarak yüksek değerlere sahip olması (Çizelge 2) da yol yapım maliyetlerini artırmada ayrıca bir faktör olarak düşünülmektedir. Bunları destekler nitelikte, Yousefi et al. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek yoğunlukta yağmurun önemli ölçüde toprak erozyonuna ve sedimantasyona neden olduğu, bunun da yol zararına yol açtığı belirtilmiştir. Bir başka çalışmada Motlagh et al. (2024) yarı nemli, yarı kurak ve Akdeniz iklimine sahip üç farklı iklim zonunda orman yolu bozulma miktarlarının farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Jaafari et al. (2021) ise yoğun vejetasyonun ve eğimli koşulların orman yolu maliyetlerini artırmada faktör olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca dik ve engebeli alanlarda orman yolu inşaatının orman yolu maliyetlerinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır (Krumov, 2019; Faria et al., 2024). Benzer şekilde Dražić et al. (2023), orman yolu planlamasında, eğimin büyüklüğünün önemli bir faktör olduğunu, çünkü direkt olarak kazı-dolgu durumunu, kazı-dolgu şevlerinin stabilizetisini ve dolayısıyla orman yol yapım ve bakım maliyetlerini etkilediğini vurgulamıştır. Ayrıca, Abeli et al. (2000) tarafından ise yol eğiminin yol bakım sıklığına etki eden en önemli parametrelerden biri olduğu, bunun da yol bakım maliyetlerini etkilediği belirtilmiştir.



Küme Numaraları ve Orman Bölge Müdürlükleri

Şekil 7. Kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin orman yolu yapım maliyet değerleri ve ortalama orman yolu yapım maliyet değerleri



Küme Numaraları ve Orman Bölge Müdürlükleri

Şekil 8. Kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin orman yolu bakım maliyet değerleri ve ortalama orman yolu bakım maliyet değerleri

4. Sonuç

Bu alışmada, Türkiye’de 2015-2023 yılları arasında 28 adet orman bölge müdürlüğünde gerçekleştirilen orman yol yapımı ve bakımı aktivitelerinin maliyet değerleri kullanılarak bir kümeleme analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar orman yolu yapım ve bakım maliyetlerinin orman bölge müdürlükleri açısından birtakım farklılıklar gösterdiğini göstermektedir. Orman yolu yapım ve orman yolu bakım maliyet değişkenleri dikkate alındığında, oluşturulan kümelere bakıldığında hem yol yapımı hem de yol bakımı açısından Türkiye ortalaması üzerindeki kümelerdeki orman bölge müdürlüklerinin ağırlıklı olarak Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde yer aldığı görülmektedir. Bu durum açısından bu coğrafi bölgelerde yer alan bölge müdürlüklerinin hem topoğrafik ve iklimsel koşullar hem de ormancılık aktiviteleri yönünden daha fazla yol yapım ve bakım maliyeti oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu coğrafi bölgelerde, yol yapım ve bakım maliyetlerini azaltmak için, st yapısı olmayan orman yollarının st yapısının sağlanarak deformasyonlara karşı dayanıklılığın artırılması, olabildiğince yollarda özellikle yağışlı zamanlarda orman ürünü nakliyatinde daha düşük tonajlı araçların kullanılması, sanat yapısı ihtiyaı bulunan yollardaki eksikliklerin giderilmesi gibi önlemler alınabilir. Çalışma sonuçları orman yolu yapımı ve bakımı çalışmalarındaki maliyet farklılıklarını bölgesel olarak ortaya konulmasını sağlayarak, ilgili bütçe kalemlerinin bölge müdürlüklerine dağıtılmasında daha verimli bir planlamaya katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Söz konusu çalışma sonuçları daha kk ölçekte il, orman işletme müdürlüğü veya orman işletme Şefliği leğindeki yapılacak çalışmalara altlık sağlayarak, orman yolu yapımı ve bakımı maliyet sınıflandırılmasının daha etkin bir Şekilde belirlenmesine imkân sağlayacaktır. Ayrıca, farklı kümeleme yöntemleri de kullanılarak elde edilen sonuçlar bu çalışma ile karşılaştırıp kullanılan yöntemlerin etkisi değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- Abdi, E., Majnounian, B., Darvishsefat, A., Mashayekhi, Z., Sessions, J., 2009. A GIS-MCE based model for forest road planning. *Journal of Forest Science* 55, 171–176.
- Abeli, W.S., Shemwetta, D.T.K., Meiludie, R.E.L.O., Kachwele, M., 2000. Road alignment and gradient issues in the maintenance of logging roads in Tanzania. *Journal of Forest Engineering* 11, 15–21.
- Akay, A.O., Akgl, M., Esin, A., Demir, M., Őentrk, N., ztrk, T., 2021. Evaluation of occupational accidents in forestry in Europe and Turkey by k-means clustering analysis. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 45, 495–509.
- Akgul, M., Akay, A.O., Ozocak, M., Esin, A.İ., Őenturk, N., 2022. A new approach to spatial risk analysis in the long-term (1950–2020) assessment of natural disasters (avalanche, landslide, rockfall, flood) in Turkey. *Natural Hazards* 114, 3471–3508.
- Drazi, S., Danilovi, M., Risti, R., Stojni, D., Antoni, S., 2023. Evaluation of morphometric terrain parameters and their influence on determining optimal density of primary forest road network. *Croatian Journal of Forest Engineering* :

- Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 44, 301–312.
- Dsouza, S., Dsouza, J. D., Vanitha, T., 2017. Analysis of data using k-means and k-medoids algorithms. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology Special Issue*, 370–373.
- Elibüyük, M., Yılmaz, E., 2010. Türkiye’nin coğrafi blge ve blmlerine göre ykselti basamakları ve eğim grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 8, 27–56.
- Fan, C., Xiao, F., Li, Z., Wang, J., 2018. Unsupervised data analytics in mining big building operational data for energy efficiency enhancement: A review. *Energy and Buildings* 159, 296–308.
- Faria, F.N. de, da Silva Lopes, E., Sampietro, J.A., Correia, R.J., 2024. Forest road density in flat and sloping site conditions in Brazil. *International Journal of Forest Engineering* 35, 84–92.
- Ghajar, I., Najafi, A., Karimimajd, A.M., Boston, K., Ali Torabi, S., 2013. A program for cost estimation of forest road construction using engineer’s method. *Forest Science and Technology* 9, 111–117.
- Jaafari, A., Pazhouhan, I., Bettinger, P., 2021. Machine learning modeling of forest road construction costs. *Forests* 12, 1169.
- Jain, A.K., 2010. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters, Award Winning Papers from the 19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)* 31, 651–666.
- Jin, H., Chen, X., Wu, P., Song, C., Xia, W., 2021. Evaluation of spatial-temporal distribution of precipitation in mainland China by statistic and clustering methods. *Atmospheric Research* 262, 105772.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P., 1990. *Finding Groups in Data: An Introduction To Cluster Analysis*, Wiley, New York. ISBN 0-471-87876-6.
- Krumov, T., 2019. Determination of the optimal density of the forest road network. *Journal of Forest Science* 65, 438–444.
- Martino, A., Rizzi, A., Frattale Mascioli, F.M., 2019. Efficient Approaches for Solving the Large-Scale k-Medoids Problem: Towards Structured Data. In: Sabourin, C., Merelo, J.J., Madani, K., Warwick, K. (Eds.), *Computational Intelligence*. Springer International Publishing, Cham, 199–219.
- MGM, 2024 Meteoroloji Genel Mdrlğ (MGM), Coğrafi bölgelerin yağış değerleri <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2023yagisdegerlendirmesi.pdf> (Erişim Tarihi 13.06.2024).
- Motlagh, A.R., Parsakhoo, A., Najafi, A., Mohammadi, J., 2024. Development of a Sustainable Maintenance Strategy for Forest Road Wearing Courses in Different Climate Zones. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 45, 139–156.
- Najafi, A., Richards, E.W., 2013. Designing a Forest Road Network Using Mixed Integer Programming. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 34, 17–30.
- OGM, 2024a Orman Genel Mdrlğ (OGM), yıllık faaliyet raporları <https://www.ogm.gov.tr/tr/faaliyet-raporu> (Erişim Tarihi 13.06.2024).

- OGM, 2024b Orman Genel Müdürlüğü (OGM), Üretim, Satış ve Stok Faaliyetleri <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Pages/ÜretimSatışveStokFaaliyetleri.aspx> (Erişim Tarihi 13.06.2024).
- Pazhouhan, I., Najafi, A., Rouhani, A.K., Vahidi, J., 2017. Effect of subsurface materials on earthwork operation costs of forest road. *European Journal of Forest Engineering* 3, 44–51.
- Picchio, R., Pignatti, G., Marchi, E., Latterini, F., Benanchi, M., Foderi, C., Venanzi, R., Verani, S., 2018. The Application of Two Approaches Using GIS Technology Implementation in Forest Road Network Planning in an Italian Mountain Setting. *Forests* 9, 277.
- Rodrigues, D., Pinho-Lopes, M., Macedo, J., 2024. Classification Systems Applied to Forest Road Planning: Research Gap Analysis. *Forests* 15, 968.
- Shang, Q., Yu, Y., Xie, T., 2022. A Hybrid Method for Traffic State Classification Using K-Medoids Clustering and Self-Tuning Spectral Clustering. *Sustainability* 14, 11068.
- Sobrinho Campolina Martins, A., Ramos de Araujo, L., Rosana Ribeiro Penido, D., 2024. K-Medoids clustering applications for high-dimensionality multiphase probabilistic power flow. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 157, 109861.
- Stükelberger, 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.
- Sureja, N., Chawda, B., Vasant, A., 2022. An improved K-medoids clustering approach based on the crow search algorithm. *Journal of Computational Mathematics and Data Science* 3, 100034.
- Tampekis, S., Samara, F., Sakellariou, S., Sfougaris, A., Christopoulou, O., 2018. An eco-efficient and economical optimum evaluation technique for the forest road networks: the case of the mountainous forest of Metsovo, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* 190, 134.
- Tibshirani, R., Walther, G., Hastie, T., 2001. Estimating the Number of Clusters in a Data Set Via the Gap Statistic. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology* 63, 411–423.
- TCMB, 2024 Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) Dolar fiyatları https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php/?evds/serieMarket/#collapse_2 (Erişim Tarihi 13.06.2024).
- Velmurugan, 2010. Computational complexity between K-means and K-medoids clustering algorithms for normal and uniform distributions of data points. *Journal of Computer Science* 6, 363–368.
- Wang, S., Liu, H., Pu, H., Yang, H., 2020. Spatial disparity and hierarchical cluster analysis of final energy consumption in China. *Energy* 197, 117195.
- Whasphuttisit, J., Jitsakul, W., Kaewkiriya, T., 2022. Comparison of Clustering Techniques for Thai Mutual Funds Fee Dataset. 2022 14th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST). Presented at the 2022 14th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), 125–130.
- Yao, Z., Kim, C., 2022. Analyzing the multiscale patterns of jobs-housing balance and employment self-containment by different income groups using LEHD data: A case study in Cincinnati metropolitan area. *Computers, Environment and Urban Systems* 96, 101851.
- Yousefi, S., Emami, S. N., Nekoeimehr, M., Rahmati, O., Imaizumi, F., Gomez, C., Valjarevic, A. 2024. A hot-spot analysis of forest roads based on soil erosion and sediment production. *Land*, 13, 1583.
- Zhen, X., Wang, R., Han, H., Wang, S., Wang, Z., Li, X., 2023. The expansion plan for charging stations based on K-medoids and vehicle GPS data. 11th International Conference on Information, Communication and Networks, pp. 19-23.