



COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE IDRISI SELVA LCM ARACI İLE ORMANSIZLAŞMA MODELLEMESİ: BOZDAĞLAR, TÜRKİYE

Eylül MALKOÇ^{1,*}, Engin NURLU²

¹Department of Landscape Architecture, Trakya University, Edirne

²Department of Landscape Architecture, Ege University, İzmir

*Corresponding author: eylulmalkoc@trakya.edu.tr

Eylül MALKOÇ: <https://orcid.org/0000-0003-1873-2931>

Engin NURLU: <https://orcid.org/0000-0001-5458-7749>

Please cite this article as: Malkoç, E. & Nurlu, E. (2024) Coğrafi bilgi sistemleri ve IDRISI Selva LCM aracı ile ormansızlaşma modellemesi: Bozdağlar, Türkiye. *Turkish Journal of Forest Science*, 8 (2), 162-175

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 31 Temmuz 2024 / Received 31 July 2024

Düzeltilmelerin gelişi 23 Eylül 2024 / Received in revised form 23 September 2024

Kabul 3 Ekim 2024 / Accepted 3 October 2024

Yayımlanma 31 Ekim 2024 / Published online 31 October 2024

ÖZET: Orman varlığı ekolojik denge için kritik olup, küresel iklim değişikliğine karşı önemli bir savunma aracıdır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşma ve orman bozulması ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması, ormansızlaşma ve orman bozulmasının küresel ısınmayı hızlandırdığını vurgulamaktadır. Bu çalışmada, Ege Bölgesi'nde yer alan Bozdağlar'da 1986-2016 yılları arasında gerçekleşen ormansızlaşma haritalanmış ve lojistik regresyon analizi kullanılarak ormansızlaşma riski modellenmiştir. Modelde, yükseklik, eğim, yollara, yerleşim ve tarım alanlarına uzaklık gibi bağımsız değişkenler kullanılmıştır. Sonuçlar, 30 yıllık dönemde Bozdağlar'daki 290 km² alanın ormansızlaştığını ve düşük eğimli alanların tarımsal kullanım nedeniyle daha yüksek ormansızlaşma riski taşıdığını göstermektedir. Çalışma sonunda elde edilen risk haritası, ormansızlaşmaya karşı önleyici stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Ormansızlaşma ve Orman Bozulması, LCM, Lojistik Regresyon, Bozdağlar, Türkiye

DEFORESTATION MODELLING USING GIS AND IDRISI SELVA LCM IN BOZDAĞLAR, TÜRKİYE

ABSTRACT: Forest presence is critical for ecological balance and is an important defense against global climate change. However, in developing countries, including Turkey, deforestation and forest degradation pose serious threats. The Kyoto Protocol and the Paris Climate Agreement emphasize that deforestation and forest degradation accelerate global warming. In this study, deforestation in the Bozdağ Mountains located in the Aegean Region between 1986-2016 was mapped, and deforestation risk was modelled using logistic regression

analysis. Independent variables such as altitude, slope, distance to roads, settlements, and agricultural areas were used in the model. The results show that 290 km² of the Bozdağ Mountains have been deforested over the 30-year period and that low-slope areas carry a higher risk of deforestation due to agricultural use. The obtained risk map will contribute to the development of preventive strategies against deforestation.

Keywords: Deforestation and Forest Degradation, LCM, Logistic Regression, Bozdağlar, Türkiye

GİRİŞ

Orman varlığı ekolojik dengenin en önemli yapı taşlarından biridir. Dünyanın %31'ini kaplayan en büyük karasal ekosistemlerden olan ormanlar, gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşma ve orman bozulması nedeniyle azalmaktadır (IPCC, 2013; TOD, 2022). Türkiye'de ise ormanların ekolojik denge üzerindeki olumlu etkisi tartışmasız olarak kabul edilirken (OGM, 2020; TOD, 2022), çeşitli insan faaliyetleri (tarım, maden arama, imar izni vb.) sebebiyle orman örtüsü değişerek ormansızlaşma ve orman bozulması gerçekleşmektedir (Adigüzel, 2023; Günlü et al., 2009; Günşen & Atmış, 2019; Kuvan, 2010).

Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşmasında kavramsal olarak yer alan 'ormansızlaşma ve orman bozulması' ifadesi, ormansızlaşma nedeniyle gerçekleşen karbon salımına ve küresel iklim değişikliğindeki artışa dikkat çeker (Başsüllü et al., 2014). Ormansızlaşma sonucunda karasal ekosistemde tutulan karbon miktarı azalırken ve atmosfere salınan karbon miktarı artmakta, küresel ısınma ve iklim değişikliği süreci hızlanmaktadır (IPCC, 2013). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Salımların Azaltılması (REDD+) sürecini yürürlüğe koyarak, ülkelerin ormansızlaşmadan kaynaklanan karbon salımını azaltmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, ülkelerin karbon piyasasından finansman alabilmesi için ormansızlaşma oranlarını düşürerek, bunu Birleşmiş Milletler REDD+'nın ilgili kurumlarına raporlaması gerekmektedir (Başsüllü et al., 2014).

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uydu görüntüleri ile ormansızlaşma tespit edilebilmekte ve risk modellenmesi sağlıklı bir biçimde yapılabilmektedir (GFW, 2024; Günlü et al., 2009). Böylece geniş ve/veya ulaşılması zor alanlarda sistematik gözlemler yapılarak, geçmişten günümüze orman alanlarındaki değişim ortaya konulurken, ekosistemlerin karmaşık ve dinamik yapıları doğru ve düzenli yersel bilgi akışı ile izlenebilmektedir (Gautam et al., 2003; Nagashima et al., 2002; Verburg et al., 1999; Wakeel et al., 2005).

Clark Üniversitesi (ABD) Clark Laboratuvarı tarafından geliştirilen IDRISI Selva 17.0 yazılımına entegre bir modül olan Land Change Modeller (LCM), değişim tahmini ve habitat ile biyolojik çeşitlilik etki değerlendirmesi yapan bir araçtır (Eastman, 2012). Lojistik Regresyon (LR), Markov Zinciri ve Hüresel Otomasyon seçenekleri ile entegre model uygulayan LCM, REDD+ modellemesine de imkân vermektedir (Hamdy et al., 2016; Pocoun Damè Kombienou et al., 2022; Pravitasari et al., 2021; Suriadikusumah et al., 2022). LCM ile yapılan modelleme çalışmaları, alan kullanım/arazi örtüsü değişimini daha iyi anlamayı ve planlama ile politika yapımı için gereken desteği sağlamayı mümkün kılar (Bavaghar, 2015; Kim, 2010; Mas et al., 2004).

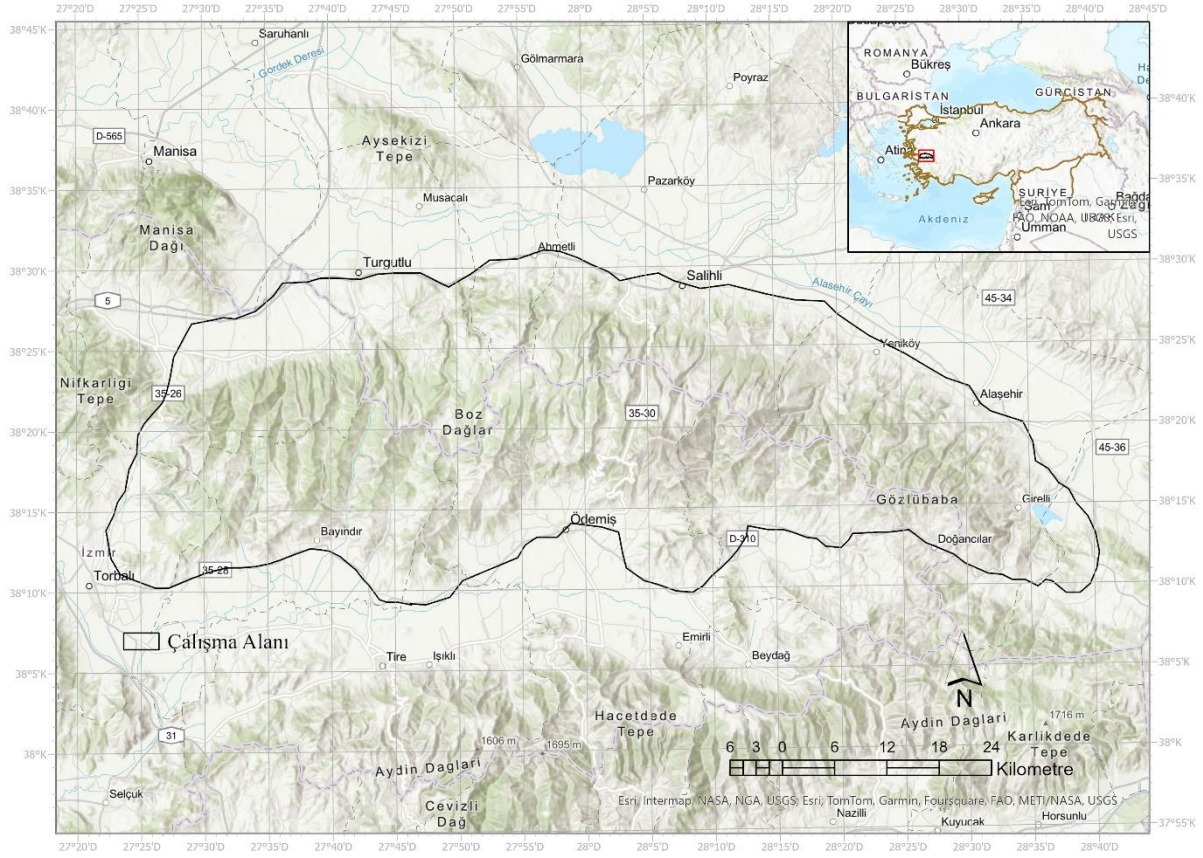
Türkiye’de ormansızlaşma modellemeleri gerçekleştirilmiştir. Ancak literatüre bakıldığında, az sayıda modelleme çalışması olduğu görülmüştür (Viedma et al., 2017; Şen & Aktürk, 2024). Orman varlığı ve tür çeşitliliğinin yüksek olduğu dağlık alanlarda, ormansızlaşma modellemesi geleceğe yönelik plan kararlarının oluşturulabilmesi açısından oldukça önemlidir (Bonilla-Bedoya et al., 2018; Brun et al., 2015; Gusti & Kindermann, 2011). Orman alanlarındaki değişimi ortaya koyan, ormansızlaşmaya neden olan faktörleri araştıran ve korumaya yönelik planlamanın gerçekleştirilebilmesi sağlayan çalışmalar, orman mühendislerine, peyzaj mimarlarına ve karar vericilere yol göstermektedir (Gautam et al., 2003; Turner et al., 2003). Tüm bu bilgiler ışığında Türkiye’deki ormansızlaşma olan alanlarda risk modellemesi yapılması önemli hale gelmiştir.

Çalışma alanı olarak seçilen Bozdağlar, zengin bitki tür çeşitliliğine ve tarımsal üretim potansiyeline sahiptir (Koçman, 1989). Çalışma alanı içinde bulunan önemli yerleşim merkezlerinden Ödemiş, Torbalı, Bayındır, Turgutlu, Alaşehir ve Salihli ilçelerinde nüfus artışı ile paralel olarak, tarımsal üretim faaliyetleri de zaman içinde artmıştır (TÜİK, 2024). Söz konusu koşullar, araştırma alanını ormansızlaşma risk modellemesi için uygun hale getirmiştir. Bu kapsamda, çalışmanın amacı; Bozdağlarda 1986-2016 yılları arasındaki ormansızlaşmanın haritalandırılması, LR analizi ile Bozdağlardaki ormansızlaşma riskinin modellenmesi ve REDD+ süreci için altılık veri oluşturulmasıdır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

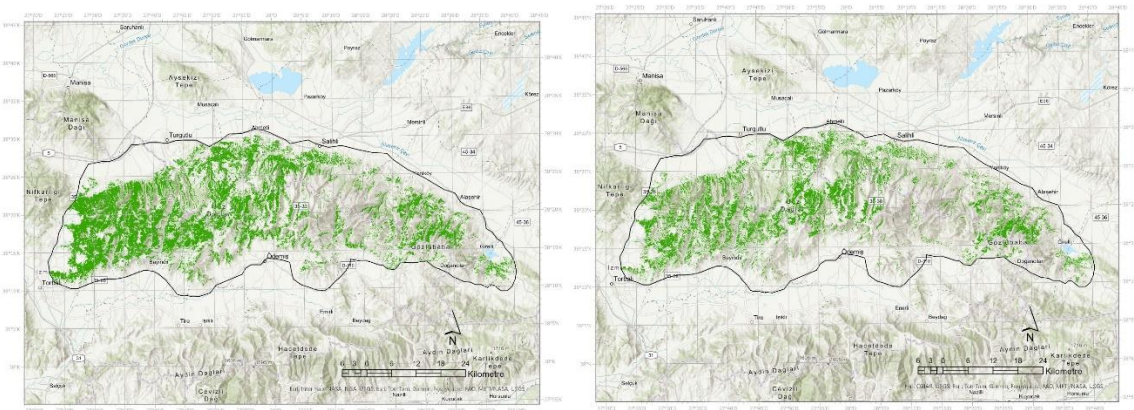
Çalışma alanı olan Bozdağlar, Ege Bölgesi’nin orta kesiminde 38°26' - 38°7' Kuzey ile 27°24' - 28°42' Doğu enlem ve boylamları arasında bulunmaktadır. Kuzeyde Alaşehir Çayı ve Gediz Ovası ile güneyde Küçük Menderes Ovası ve batıda İzmir Körfezi’ne açılan Cumaovası İlçesi arasında uzanan Bozdağlar 3.630 km²’lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Yıllık ortalama sıcaklık 6,5°C ile 27,5°C, yağış 510-607 mm arasında olan alanda Akdeniz iklimi görülmektedir (MGM, 2024). Doğu-batı yönünde uzanan ve ortalama yüksekliği 1000-1200 m. olan çalışma alanı, bitki tür çeşitliliği bakımından oldukça zengindir. Bitki toplulukları, alçaktan yükseğe doğru sırasıyla; garig, maki, orman ve Alpin otsu türler olarak dağılım göstermektedir (Regel, 1963; Davis, 1965). Baskın türler sırasıyla kuşdili (*Rosmarinus officinalis* L.), lavanta (*Lavandula stoechas* L.); mazı meşesi (*Quercus infectoria* Olivier), palamut meşesi (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*), dağ çileği (*Arbutus unedo* L.), akçakesme (*Phyllyera latifolia* L.), menengiç (*Pistacia terebinthus* L.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), karaçam (*Pinus nigra* L.) Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*)’dır.



Şekil 1. Çalişma Alanı

Materyal

Ormansızlaşma risk modellemesi için, topografik ve kültürel yapı ile bu faktörlere bağlı olan bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait değişkenlerin elde edilmesi gerekmektedir. Bağımlı değişken olan ormansızlaşma haritası ile kültürel yapıya ait bağımsız değişkenleri üretmek için, sırasıyla 20.07.1986 ve 06.07.2016 tarihli Landsat TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak 1986 ve 2016 yıllarına ait orman haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2). Topoğrafik yapıya ait eğim ve yükseklik gibi bağımsız değişkenlerin oluşturulmasında ABD Jeoloji Kurumu'ndan (USGS) temin edilen ASTER Global Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmıştır (USGS, 2024).



Şekil 2. 1986 ve 2016 Yılı Orman Haritaları

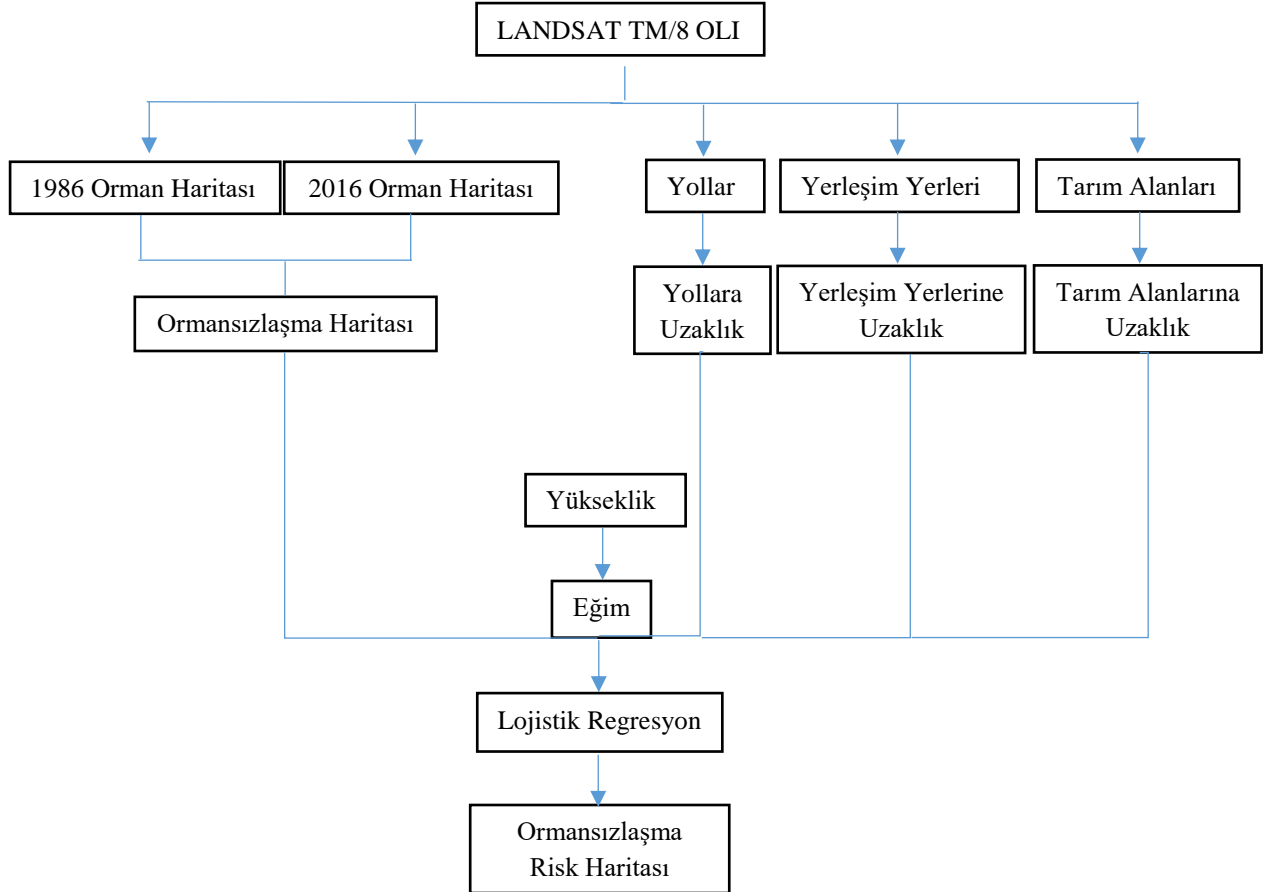
Yöntem

Lojistik Regresyon (LR), birden çok katmana sahip, bağımlı ve bağımsız değişkenli bir istatistiksel yöntem ve bir tahmini ortaya koymak için kullanılan yapay sinir ağıdır (Stoltzfus, 2011; Bavaghar, 2015). Yangın, afet, ormansızlaşma riski gibi modellemelerde kullanılan LR (Atmaca et al., 2022; Das & Pandey, 2019; Mas et al., 2004), bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırır. Tüm değişkenler arasında ormansızlaşmanın varlığına ve yokluğuna dayalı doğrudan bir ilişki kuran LR modeli formülü (1) – (2) aşağıda verilmiştir.

$$y = \alpha + b_1.x_1 + b_2.x_2 + \dots + b_n.x_n \quad (1)$$

$$P_j = 1 / (1 + e^{-y}) \quad (2)$$

Bu formülde, y, ormansızlaşmanın meydana gelme (1) veya gelmeme (0) olasılığını; α , LR modelinin kesişim noktasını (intercept); b_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$), katsayıları; x_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$), bağımsız değişkenleri ve P_j , 0 ile 1 arasında değer olarak bir pikselin ormansızlaşma ihtimalini göstermektedir. Yöntemin akış diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Yöntem Akış Diyagramı

Ormansızlaşma Haritalaması

Ormansızlaşma haritasını üretmek için, Landsat TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak, 1986 ve 2016 yıllarına ait orman haritaları orman ve orman dışı alanlar olarak ikili (binary) veri setine dönüştürülerek; iki yıla ait haritaya aritmetik çıkarma işlemi uygulanmış (Eastman et al., 2005) ve Bozdağlar'da 30 yıllık dönemde gerçekleşen ormansızlaşma haritalandırılmıştır. Çalışma alanında 30 yıl boyunca ormansızlaşma varlığı olan alanlar (1) ve ormansızlaşma varlığı olmayan alanlar (0) olarak sınıflandırılan ormansızlaşma haritası LR modelinde bağımlı değişken verisi olarak kullanılmıştır.

Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerin Oluşturulması

Bağımsız değişkenleri belirlerken konu ile ilgili literatürden faydalanılmış ve ormansızlaşmanın nedenleri araştırılarak, ormansızlaşmaya doğrudan ya da dolaylı olarak neden olan bağımsız değişkenler LR model verisi olarak seçilmiştir (Linkie et al., 2010; Linkie et al., 2004) (Tablo 1). Topoğrafik yapıya dair yükseklik ve eğim değerleri ile yollara, yerleşim yerlerine, su kaynaklarına ve tarım alanlarına uzaklık gibi kültürel yapıya ait özellikler doğrudan ya da dolaylı olarak ormansızlaşmaya neden olmaktadır (Wilson et al., 2005). Tüm bağımlı ve bağımsız değişkenler, ArcGIS Pro yazılımında öklidyen mesafe analizi ile vektör veri olarak oluşturulmuş, daha sonra raster veri formatına ve 30 metre çözünürlüğe dönüştürülerek IDRISI Selva 17.0 LCM aracı ile kullanıma hazır hale getirilmiştir. Yollara, yerleşim yerlerine, su kaynaklarına ve tarım alanlarına uzaklık verileri her bir bölgeden 50'şer metre mesafede tampon alanlar oluşturularak elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Bağımsız Değişkenler ve Sınıfları

Faktör	Bağımsız Değişken	Bağımsız Değişken Sınıfları
Topoğrafik Yapı	Yükseklik	0-200m / 201-400m / 401-600m / 601-800m / 801-2017m
	Eğim	%5 / %10 / %15 / %35 / %100
Kültürel Yapı	Yollara Uzaklık	0-50m / 51-100m / 101-200m / 201-300m / 301-400m / 401m<
	Yerleşim Yerlerine Uzaklık	0-50m / 51-100m / 101-200m / 201-300m / 301-400m / 1501m<
	Tarım Alanlarına Uzaklık	0-50m / 51-100m / 101-200m / 201-300m / 301-400m / 1501m<
	Su Kaynaklarına Uzaklık	0-50m / 51-100m / 101-200m / 201-300m / 301-400m / 1501m<

Değişkenlerin model üzerindeki etkisini test etmek için LCM'da Cramer's V testi uygulanmış, Cramer's V testine göre, 0,15'in üzerinde değere sahip olan değişkenler modele dahil edilmiştir (Eastman, 2012).

Lojistik Regresyon ile Ormansızlaşma Modellemesi

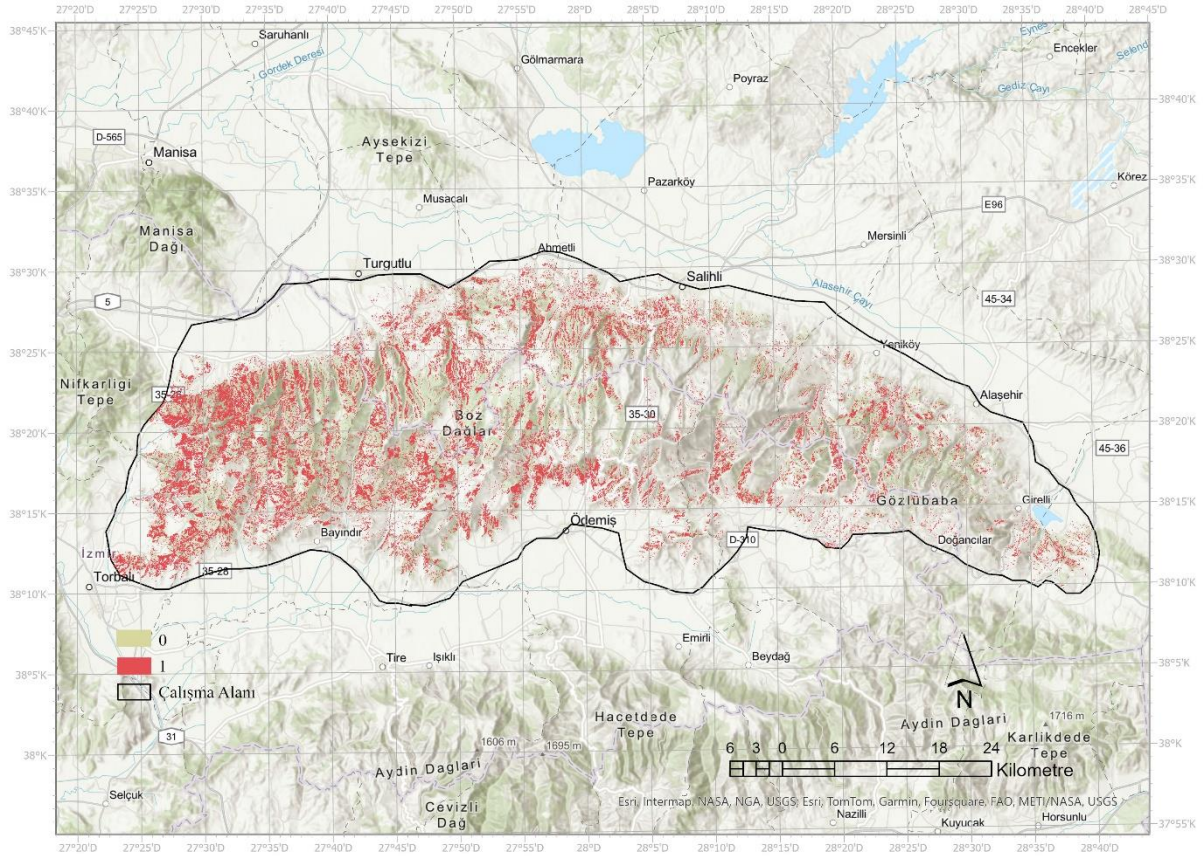
LR modelinin işleyebilmesi için bağımlı değişken olan ormansızlaşma haritasındaki 0 ve 1 değerlerinden eşit sayıda (%50-%50) örneklem noktası rastgele seçilmiştir. Örneklem noktalarına ait öznitelik bilgileri ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak derlenip LCM'da kullanılacak format özelliklerine dönüştürülmüştür (María et al., 2002).

LR modelinin doğruluğunu (accuracy) ölçmek için tüm değişkenlerin istatistiksel testleri, uyum derecesi (goodness-of fit) (Peng et al., 2002) ve pseudo R^2 değeri hesaplanmıştır. LR modelinin uyumunu gösteren pseudo R^2 değerinin, 0,2 ile 0,4 arasında olması gerekir (Ludeke et al., 1990; Wilson et al., 2005). Modelin ayırt etme yeteneği ise Alıcı İşletim Karakteristiği Eğrisi (ROC) altındaki alan kullanılarak değerlendirilir. Bu değer 0,5 ile 1 arasında değişir. 0,5 değeri rastgele bir modeli ifade ederken 0,7'nin üzerindeki bir değer modelin doğru bir uyuma sahip olduğunu, 0,9'un üzerindeki bir değer ise modelin yüksek doğrulukta olduğunu gösterir (Linkie et al., 2004).

BULGULAR

Ormansızlaşma Haritası

1986 ve 2016 yıllarına ait orman haritaları ve 30 yıllık ormansızlaşmayı gösteren haritalar sırası ile Şekil 2-4'te gösterilmiştir. 30 yıllık dönem boyunca çalışma alanında yaklaşık 290 km² alan ormansızlaşarak diğer alan kullanımlarına dönüşmüştür. Global Forest Watch verilerine göre Bozdağlar'da son 23 yılda gerçekleşmiş olan (2001-2024) ormansızlaşma 130 km² dir (GFW, 2024).



Şekil 4. Ormansızlaşma Haritası (1986-2016)

Lojistik Regresyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Her bir değişkenin modele etkisi Cramer's V testi ile test edilerek modele dahil edilmiştir. Cramer's V değeri, iki değişken arasındaki ilişki gücünü ölçerek 0-1 arasında değer alır. Cramer's V değerleri sırasıyla; yükseklik, eğitim, tarım alanları ve yola uzaklık ile su kaynaklarına uzaklık olarak sıralanmıştır. 0,15 – 0,39 aralığı değişkenin yararlı olduğunu, 0,4 ve üzeri ise iyi olduğunu göstermektedir (Eastman, 2012; Stoltzfus, 2011). Su kaynaklarına uzaklık değişkeni Cramer's V değeri 0,15'in altında olduğu için modele dahil edilmemiştir.

Tablo 2. Cramer's V ve Katsayı Değerleri

	Cramer's V	Katsayı
Yükseklik	0,3	-0,0105152
Eğitim	0,3	-0,0384832
Yollara Uzaklık	0,2	0,0014424
Tarım Alanlarına Uzaklık	0,2	0,0034461
Su Kaynaklarına Uzaklık	0,1	0,0004747
Yerleşim Yerlerine Uzaklık	0,2	-0,0024324

Katsayı (coefficient) değeri, her bir değişkenin ormansızlaşmaya olan katkısını pozitif (doğrudan) veya negatif (ters) ilişkilerle temsil eder. Değişkenlere ait elde edilen katsayı değerleri, ormansızlaşma olasılığının eğitim, yükseklik, yerleşim yerleri uzaklık ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir (Tablo 2). Modelin ROC değeri 0,70 olarak hesaplanmıştır (Eastman, 2012; Linkie et al., 2004). LR için uyum iyiliği ölçüsü olarak dikkate alınan pseudo R² ise 0,21 olarak hesaplanmıştır.

Ormansızlaşma Risk Haritasının Oluşturulması

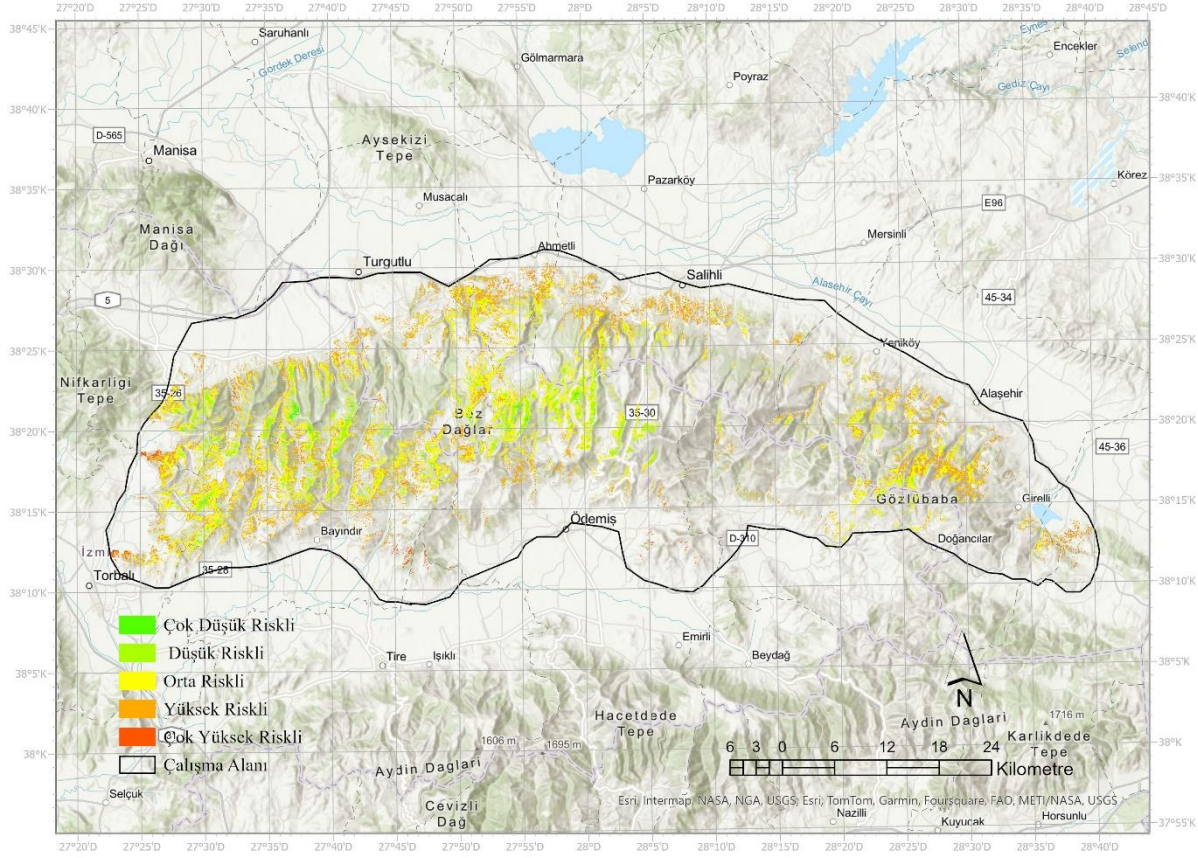
Ormansızlaşma risk haritası oluşturmak için, tüm veri seti, ArcGIS Pro yazılımı ile dönüştürülerek IDRISI Selva 17.0 LCM aracında kullanılabilir hale getirilmiştir. Aşağıda görülen LR denklemi, her bir bağımsız değişken için katsayı ve kesişim noktasını (intercept) vermektedir.

$$y = 0,06955 + (-0,0105152 \times \text{yükseklik} + (-0,0384832 \times \text{eğitim}) + (0,00146 \times \text{yola uzaklık}) + (0,00344617 \times \text{tarım alanlarına uzaklık}) + (-0,0024324 \times \text{yerleşim yerlerine uzaklık})$$

Kesişim noktası, bağımsız değişkenlerin her birinin 0 değerini aldığı durumda bağımlı değişkenin değerini temsil eder. Katsayılar, her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini gösterir. Denklemdaki katsayılar (pozitif veya negatif), ormansızlaşma olasılığı ile bağımsız değişkenler arasındaki pozitif veya negatif ilişkiyi gösterir. Korelasyon katsayısı, -1 (güçlü negatif ilişki) ile 0 (ilişki yok) ve +1 (güçlü pozitif ilişki) arasında değişebilir.

Regresyon denklemi, Tablo 2'deki değerlere göre LCM aracı kullanılarak haritalandırılmıştır. Bu işlemde, Tablo 1'de belirtilen bağımsız değişken sınıf değerleri kullanılmıştır. Ormansızlaşma olasılığı risk değerleri 0 ile 0,90 arasında değişmiştir. Bu değerler, doğal

kırılma (Jenks) sınıflandırması ile çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olarak 5 risk sınıfına ayrılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. LR Yöntemi ile Elde Edilen Ormansızlaşma Risk Haritası

Ormansızlaşma risk haritasındaki mekânsal dağılıma bakıldığında Bozdağlar'daki ormansızlaşma riskinin, toplam orman alanının %10'unu çok yüksek riskli, %10'unun yüksek riskli, %50'sinin orta riskli, %20'sinin düşük ve %5'inin çok düşük riskli olduğu görülmüştür. Çalışma alanında düşük eğime sahip, 0-200 m yükseklikte ve Bayındır, Salihli, Torbalı, Turgutlu ilçelerine yakın olan orman alanlarının en yüksek risk grubunda olduğu; 200 m ve üzerinde orta ve yüksek riskli bölgeler daha fazla dağılım gösterirken 1000 m ve üzerinde ormansızlaşma riskinin azaldığı görülmüştür. Bozdağlar'ın iç, orta ve yüksek kesimlerine gidildikçe ormansızlaşma riskinin alansal büyüklüğünün düştüğü görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bozdağlar içerdiği orman varlığı ve bitki tür çeşitliliği bakımından Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde bulunan önemli bir dağ kütesidir. Bu çalışmada Bozdağlar'da 1986-2016 yılları arasında gerçekleşmiş olan ormansızlaşma, Landsat TM ve Landsat 8 OLI görüntüleri kullanılarak haritalandırılmıştır. Çalışma kapsamında Bozdağlar'da 30 yıllık dönemdeki ormansızlaşmanın ortaya konması ile literatüre katkı sunularak, elde edilen bulgular Bozdağlar'da 30 yıllık dönemde 290 km² ormansızlaşma olduğunu göstermiştir. Farklı dönemlere ait ormansızlaşma verisi olsa da bu bulgunun, 2001-2024 yılları arasındaki

ormansızlaşmayı 130km² olan gösteren GFW verisi ile alansal olarak yakın değerde olduğu görülmüştür (GFW, 2024).

Ormansızlaşma risk modellemesinde, CBS ve IDRISI Selva 17.0 yazılımı LCM aracı önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, LCM aracının LR modeli kullanılarak ormansızlaşmanın eğim, yükseklik, yollara, yerleşim yerlerine ve tarım alanlarına uzaklık gibi değişkenlerle etkileşimlerini inceleyen bir risk haritası oluşturulmuştur. LR modeliyle hazırlanan bu risk haritasının, Bozdağlar'da ormansızlaşma riski taşıyan alanlar hakkında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

LR modeli, çalışmada kullanılan tüm bağımsız değişkenlerin Bozdağlar'daki ormansızlaşma ile anlamlı bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir. Eğim faktörünün ormansızlaşmanın yayılma oranını etkilediği belirlenmiştir. Çalışma alanında yüksek eğimli alanlardan ziyade düşük eğimli alanlarda ormansızlaşma riski olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, düşük eğimin tarımsal kullanım ve yerleşim için daha uygun olmasından ve bu alandaki ormanların diğer alan kullanımlarına dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır (Bavaghar, 2015; Kim, 2010). Bu çalışma, ormansızlaşmanın çeşitli topoğrafik ve kültürel faktörlere bağlı olduğunu ve LR modellerinin ormansızlaşma riskini doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (Linkie et al., 2004).

Önceki çalışmalarda görüldüğü gibi (Bavaghar, 2015; Wilson et al., 2005), yükseklik, eğim, yol, tarım ve yerleşim yerlerinin konumu, ormansızlaşmayı etkileyen önemli faktörlerdendir. Ormansızlaşmanın eğim, yükseklik ve yerleşim yerlerine uzaklık ile negatif bir ilişkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu faktörlerin negatif katsayıları, yüksek değerlerin daha düşük ormansızlaşma olasılıkları ile ilişkili olduğunu gösterir (Bavaghar, 2015; Wilson et al., 2005). Genel olarak, dik bir eğim, ulaşım ile ilgili zorluklar nedeniyle ormansızlaşmayı kısıtlamaktadır.

Yerleşim yerlerine yakınlaştıkça artan ormansızlaşma riski, yerleşim yerlerine ve yollara olan uzaklığın önemini ortaya koyarak erişilebilirliğin ormansızlaşmadaki kritik rolünü ortaya koymuştur. Yollara ve yerleşim yerlerine olan uzaklık gibi kültürel faktörler, bu alanlara yakın bölgelerde meydana gelen ormansızlaşmanın insan faaliyetleri ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Bonilla-Bedoya et al., 2018 ve Linkie et al., 2004). Bozdağlar'da yerleşim yerleri ve tarımsal üretimin varlığı, insan faaliyetlerinin orman alanları ile temas etmesine yol açmakta ve bu durum ormansızlaşma riskini artırmaktadır. Çalışma bulguları, Bonilla-Bedoya et al., (2018) ve Linkie et al., (2004) çalışmalarına paralellik göstermektedir.

Modelin ROC değerinin 0,70 olması, modele dahil edilen değişkenlerin ormansızlaşmış ve ormansızlaşmamış alanları ayırt etme açısından yeterli açıklayıcı güce sahip olduğunu göstermektedir. Ormansızlaşma ile ilişkili faktörlerin zaman içinde değişebileceği göz önüne alındığında, modelin bu değişiklikleri yansıtacak şekilde düzenli aralıklarla güncellenmesi önemlidir. Meşcere özellikleri, tarım alanlarına, yerleşim yerlerine ve yollara uzaklıkları gibi değişkenler, 10-25 yıllık dönemler içinde değişkenlik gösterebilir. (Nuisl & Siedentop, 2020; Zgłobicki et al., 2016). Bu nedenle, belirli zaman aralıklarında bu değişkenlerin güncellenmesi ve aralarındaki ilişkilerin revize edilmesi, risk sınıflarındaki değişimlerin izlenmesi açısından önemlidir. Her modelde olduğu gibi, ormansızlaşmayı açıklamaya katkıda bulunabilecek yeni değişkenlerin eklenmesi ile modelin açıklayıcı gücü (ROC) artırılabilir. Örneğin ağaç türü verisi modele dahil edilebilir ve model performansı artırılabilir. 30 m konumsal çözünürlüğe sahip Landsat uydu verisinin tür tespitinde kullanımını sınırlı olmakla birlikte, ardılı olan Sentinel-2 uydusundan elde edilen görüntülerle, ağaç türü tespiti yapılması ve bu değişkenin

modele ilave edilmesi düşünülmektedir. Ancak bu durumda çalışma, uydunun kullanımda olduğu 2014 yılından sonraki dönemi kapsayacak şekilde planlanacaktır.

Bu çalışma, IDRISI Selva 17.0 yazılımı LCM aracının ulaşılması zor olan dağlık alanlardaki ormansızlaşma riskinin belirlenmesi açısından uygun olduğunu göstermektedir (Pocoun Damé Kombienou et al., 2022; Pravitasari et al., 2021). Bu bağlamda hazırlanan ormansızlaşma risk haritası, orman kaybını en aza indirmek amacıyla planlama ve yönetim faaliyetlerinde önemli bir araç olacak ve karar vericilerin yüksek ormansızlaşma riski taşıyan bölgelerle ilgili karar alma süreçlerini destekleyerek, bu alanların etkili bir şekilde yönetimine olanak tanıyacaktır.

Araştırma bulguları Türkiye’deki diğer ormansızlaşma ve risk modelleme çalışma bulguları ile uyumludur. Viedma et al., (2017)’a göre Akdeniz Bölgesi’ndeki ormansızlaşma bölgedeki nüfus artışı ile ilişkilidir, Adigüzel (2023) ise Türkiye’de ormansızlaşmanın 2004 ve 2018 arasındaki dönemde %1-10 arasında değiştiğini belirtmiştir. Araştırma bulguları, gelişmekte olan ülkelerdeki ormansızlaşmayı azaltmayı amaçlayan REDD+ sürecine katkı sağlayarak hem yerel hem de küresel ölçekte karar alıcıları bilgilendirmektedir. Günümüzde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) Ek-1 statüsünde yer alan Türkiye, REDD+ kapsamındaki finansal desteklerden yararlanamıyor olmasına rağmen, ülkelerin ormansızlaşmadan kaynaklanan emisyonlarla ilgili doğru, güvenilir ve düşük belirsizlik içeren envanter hazırlaması giderek önem kazanmaktadır (Başsüllü et al., 2014). Bu sayede, araştırma Türkiye’de karbon finansmanından faydalanabilmek gereken ormansızlaşma haritalaması ile REDD+’ya süreci için altık veri oluşturulan bir çalışma olma özelliğine sahiptir.

YAZAR KATKILARI

Eylül Malkoç: Çalışmanın tasarımı, Arazi çalışmaları, Veri analizi, Makale yazımı. **Engin Nurlu:** Arazi çalışmaları, Makale yazımı

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu 2211/C Bilim ve Teknolojide Öncelikli Alanlarda Ulusal Doktora Burs Programı tarafından finanse edilen ‘İklim değişikliği ile mücadele kapsamında orman alanlarındaki değişimin modellenmesi: Bozdağlar örneği’ başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

TEŞEKKÜR

TÜBİTAK'a sağladığı finansal destek nedeniyle teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Adiguzel, S. F. (2023). Correlates of deforestation in Turkey: Evidence from high-resolution satellite data. *New Perspectives on Turkey*, 68, 30-48. <https://doi.org/10.1017/npt.2022.28>
- Atmaca, İ., Derakhshandeh, M., Işık Pekkan, Ö., Özenen Kavlak, M., Tunca, Y. S., & Çabuk, S. N. (2022). Lojistik regresyon ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak orman yangını risk modellemesi: Muğla-Milas örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 66-75. <https://doi.org/10.21324/dacd.951902>
- Başsüllü, Ç., Özdemir, E., Semerci, A., İpek, A., & Tolunay, A. (2014). *İklim değişikliği müzakerelerinde ormancılık*. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 518-536. Isparta.
- Bavaghar, M. P. (2015). Deforestation modelling using logistic regression and GIS. *Journal of Forest Science*, 61(5), 193-199. <https://doi.org/10.17221/78/2014-JFS>
- Bonilla-Bedoya, S., Estrella-Bastidas, A., Molina, J. R., & Herrera, M. Á. (2018). Socioecological system and potential deforestation in Western Amazon forest landscapes. *Science of the Total Environment*, 644, 1044-1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.028>
- Brun, C., Cook, A. R., Lee, J. S. H., Wich, S. A., Koh, L. P., & Carrasco, L. R. (2015). Analysis of deforestation and protected area effectiveness in Indonesia: A comparison of Bayesian spatial models. *Global Environmental Change*, 31, 285-295. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.004>
- Das, P., & Pandey, V. (2019). Use of Logistic Regression in Land-Cover Classification with Moderate-Resolution Multispectral Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(8), 1443-1454. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00986-8>
- Davis, P. H., (1965). *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. University of Edinburgh, Vol.1.
- Eastman, J.R., Van Fossen, M.E. and Solarzano, L.A. (2005) Transition Potential Modeling for Land Cover Change. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Batty, M., (Eds.) *GIS, Spatial Analysis and Modeling*, Esri Press, 357-386.
- Eastman, J.R. (2012). *IDRISI Selva Manual*. IDRISI Tutorial. Clark University, Worcester. www.clarklabs.org
- Gautam, A. P., Webb, E. L., Shivakoti, G. P., & Zoebisch, M. A. (2003). Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99(1-3), 83-96. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00148-8)
- GFW. (2024). Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/my-gfw/> (Erişim tarihi: 24.07.2024)
- Gusti, M., & Kindermann, G. (2011). *An approach to modeling land use change and forest management on a global scale*. Proceedings of 1st International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH-2011), 180-185. <https://doi.org/10.5220/0003607501800185>
- Günlü, A., Kadioğulları, A. I., Keleş, S., & Başkent, E. Z. (2009). Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to deforestation in Northeastern Turkey: A case study in Rize. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148(1-4), 127-137. <https://doi.org/10.1007/S10661-007-0144-Y/METRICS>

- Günşen, H. B., & Atmış, E. (2019). Analysis of forest change and deforestation in Turkey. *International Forestry Review*, 21(2), 182-194. <https://doi.org/10.1505/146554819826606577>
- Hamdy, O., Zhao, S., Osman, T., Salheen, M. A., & Eid, Y. Y. (2016). Applying a hybrid model of markov chain and logistic regression to identify future urban sprawl in Abouelreesh, Aswan: A case study. *Geosciences* (Switzerland), 6(4). <https://doi.org/10.3390/geosciences6040043>
- IPCC. (2013). *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge United Kingdom and New York, NY, USA: Gian-Kasper Plattner.
- Kim, O. S. (2010). An assessment of deforestation models for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD). *Transactions in GIS*, 14(5), 631-654. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2010.01227.x>
- Koçman, A. (1989). Uygulamalı fiziki coğrafya çalışmaları ve İzmir-Bozdağlar yöresi üzerinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları*, 49, İzmir.
- Kuvan, Y. (2010). Mass tourism development and deforestation in Turkey. *Anatolia*, 21(1), 155-168. <https://doi.org/10.1080/13032917.2010.9687096>
- Linkie, M., Smith, R. J., & Leader-Williams, N. (2004). Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1809-1818 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000035867.90891.ea>
- Linkie, M., Rood, E., & Smith, R. J. (2010). Modelling the effectiveness of enforcement strategies for avoiding tropical deforestation in Kerinci Seblat National Park, Sumatra. *Biodiversity and Conservation*, 19(4), 973-984. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9754-8>
- María, J., López, F., González-Díez, A., Felicísimo, A. M., Francés, E., Fernández, J. M., Varas, J. (2002). Modeling the potential distribution of forests with a GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 68, No. 5, May 2002, pp. 455-461.
- Mas, J. F., Puig, H., Palacio, J. L., & Sosa-López, A. (2004). Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Modelling and Software*, 19(5), 461-471. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00161-0)
- MGM, 2024. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=m#sfB>. (Erişim tarihi:24.07.2024)
- Nagashima, K., Sands, R., Whyte, A. G. D., Bilek, E. M., & Nakagoshi, N. (2002). Regional landscape change as a consequence of plantation forestry expansion: an example in the Nelson region, New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 163, 245-261.
- Nuissl, H., & Siedentop, S. (2020). Human-Environment Interactions 8 Sustainable Land Management in a European Context. T. Weith, T. Barkmann, N. Gaasch, S. Rogga, C. Strauß, & J. Zscheischler (Ed.), Sustainable Land Management in a European Context (C. 8, ss. 75-101). <http://www.springer.com/series/8599>
- OGM, 2020. Orman Genel Müdürlüğü. Türkiye Orman Varlığı Raporu. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>
- Peng, C. Y. J., Lee, K. L., & Ingersoll, G. M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *Journal of Educational Research*, 96(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/00220670209598786>

- Pocoun Damè Kombienou, Ousséni Arouna, & Ismaëla Imorou Toko. (2022). Modelling the dynamics of land cover by 2050 in the north-western Atacora (Benin, West Africa). *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 19(1), 100-112. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2022.19.1.0131>
- Pravitasari, A. E., Yudja, F. P., Mulya, S. P., & Stanny, Y. A. (2021). Land cover changes and spatial planning alignment in Ciamis Regency and its proliferated regions. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 694(1). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012065>
- Regel, von C., 1963. Türkiye'nin flora ve vejetasyonuna genel bir bakış. Çevirenler: A. Baytop, R. Denizci, Ege Üniv. Fen Fak. Monografiler Serisi, İzmir.
- Stoltzfus, J. C. (2011). Logistic regression: A brief primer. *Academic Emergency Medicine*, 18(10), 1099-1104. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2011.01185.x>
- Suriadikusumah, A., Mulyono, A., & Maulana, M. H. R. (2022). Prediction of Bandung district land use change using markov chain modeling. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(1), 237-243. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.1.12384>
- Şen, G., & Aktürk, E. (2024). Spatiotemporal forest and land cover change in Türkiye: The role of economic factors in driving environmental transformations. *Turkish Journal of Forestry*, 25(2), 176-189.
- TOD. (2022). Türkiye Ormancılığı 2022: Türkiye'de Ormansızlaşma ve Orman Bozulması. Ankara. www.ormanclardernegg.org
- Turner, M.G., Pearson, S.M., Bolstad, P. (2003). Effects of land-cover change on spatial pattern of forest communities in the Southern Appalachian Mountains (USA). *Landscape Ecology*, 18, 449-464. <https://doi.org/10.1023/A:1026033116193>
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://cip.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 24.07.2024)
- USGS, (2024). United States Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Erişim tarihi: 24.07.2024)
- Verburg, P. H., Veldkamp, T., & Bouma, J. (1999). Land use change under conditions of high population pressure: the case of Java. *Global Environmental Change*, 9, 303-312.
- Viedma, O., Moreno, J. M., Güngöroglu, C., Cosgun, U., & Kavgacı, A. (2017). Recent land-use and land-cover changes and its driving factors in a fire-prone area of southwestern Turkey. *Journal of Environmental Management*, 197, 719-731. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.074>
- Wakeel, A., Rao, K. S., Maikhuri, R. K., & Saxena, K. G. (2005). Forest management and land use/cover changes in a typical micro watershed in the mid elevation zone of Central Himalaya, India. *Forest Ecology and Management*, 213(1-3), 229-242. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.061>
- Wilson, K., Newton, A., Echeverría, C., Weston, C., & Burgman, M. (2005). A vulnerability analysis of the temperate forests of south central Chile. *Biological Conservation*, 122(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.06.015>
- Zgłobicki, W., Gawrysiak, L., Baran-Zgłobicka, B., & Telecka, M. (2016). Long-term forest cover changes, within an agricultural region, in relation to environmental variables, Lubelskie province, Eastern Poland. *Environmental Earth Sciences*, 75(20). <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6195-z>