

## Random Forest Yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi örneği

Serkan Özdemir\*

**Özet:** İklimdeki anormalliklerin ve insan baskısının ekosistemleri her geçen gün daha fazla etkilemesi hem bitki türlerinin hem de yaban hayvanlarının varlığını tehdit etmektedir. Bu sebeple de ekosistemlere ve hedef türlere yönelik yapılacak planlama çalışmalarında daha etkin ve fonksiyonel davranılması önem arz etmektedir. Bunun sağlanabilmesi noktasında ise hedef türler için elde edilecek potansiyel dağılım haritalarının dikkate alınması kilit nokta olarak ifade edilmektedir. Potansiyel dağılım haritalarının elde edilmesi sürecinde kullanılan birçok yöntem (ayrım analizi, lojistik regresyon analizi, genelleştirilmiş eklemeli model, sınıflandırma ağacı tekniği, maksimum entropi yaklaşımı, kural seti tahmini için genetik algoritma vb.) bulunmaktadır. Bu yöntemler farklı algoritmalar ile çalışmakta ve farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada da bu metotlardan birisi olan ve son yıllarda sıklıkla tercih edilen Random Forest (RF) yöntemi kullanılmıştır. Modelleme ve haritalama işlemi için RStudio programından faydalanılmıştır. RF yöntemi ile elde edilen potansiyel dağılım modeline ait AUC değeri 0,978 olarak tespit edilmiştir. Modeli oluşturan değişkenler ise katkı oranlarına göre sırasıyla yükselti, topoğrafik pozisyon indeksi, anakaya, radyasyon indeksi ve eğim olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Boylu ardeş, Model seçimi, Potansiyel dağılım modeli, Random Forest, Tür dağılım modellemesi

## Potential Distribution Modelling and mapping using Random Forest method: An example of Yukarıgökdere District

**Abstract:** Reasons such as climate abnormalities and anthropogenic effects on ecosystems threat the existence of plant and animal species. In this case, it is important to be more effective and functional planning studies for ecosystems and target species. In order to achieve the mentioned effectiveness and functionality, creating of potential distribution maps for the target species are of crucial importance. There are many methods (discriminant analysis, logistic regression analysis, generalized addicted model, classification tree technique, maximum entropy, the genetic algorithm for rule-set prediction etc.) used in the process of creating potential distribution maps. These methods process with different algorithms and can produce different results. The Random Forest (RF) method, which is one of the mentioned methods and is frequently preferred in recent years, is used in this study. RF method was run via RStudio. In the present, AUC value of the potential distribution model obtained by RF method was determined to be 0.978. The variables creating to the model are respectively elevation (elvn), topographic position index (tpi), bedrock (rock), radiation index (ri) and slope (slope).

**Keywords:** Crimean juniper, Model selection, Potential distribution modelling, Random Forest, Species distribution modelling

### 1. Giriş

Ekoloji alanında yapılan çalışmalarda türlerin yetişme ortamı ile olan ilişkilerinin belirlenmesi ve bu ilişkilere göre, hem aktüel hem de geleceğe yönelik kestirimlerde bulunulması birçok araştırmacı tarafından çalışma konusu olarak tercih edilmektedir (Özkan, 2014; Mert vd., 2016, Mert ve Kıraç, 2017; Humphreys vd., 2017; Wason vd., 2017). İnsanların doğadan plansız ve bilinçsiz faydalanmasının her geçen gün artması ve değişen iklim koşulları bahsi geçen tercihin çerçevesinin genişlemesine neden olmaktadır. Haliyle de ekoloji alanında çalışma yapan araştırmacıların bu konuya olan eğilimleri her geçen gün artmaktadır. Artan bu eğilim ise hedef türlerin yetişme ortamları ile ilişkilerini ortaya koyan çalışmalarda daha titiz hareket edilmesini hatta farklı yöntem ve disiplinlerin

kullanılmasını tetiklemektedir (Pěkniová ve Berchová-Bimová, 2016; Rovzar vd., 2016).

Türlerin yetişme ortamı özelliklerini ortaya koyan birçok çalışma yer almaktadır. Fakat bunların arasında hedef türlere yönelik potansiyel dağılım modellerinin elde edildiği çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Çünkü elde edilen bu modeller ve modellerden türetilen potansiyel dağılım haritaları türlerin korunması ve planlanması sürecinde daha doğru stratejilerin geliştirilebilmesi için hem daha pratik hem de daha etkin adımların atılmasına olanak sağlamaktadır (Özkan, 2014).

Potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması noktasında birçok farklı bakış açısı bulunmaktadır. Özellikle kantitatif çalışmaların ekoloji alanına giriş yapması ve sürekli kendi içerisinde evrim geçirmesine bağlı olarak bu bakış açıları devamlı genişleyen bir yapıdadır. Şöyle ki; doğal ekosistemlere yönelik olarak gerçekleştirilen

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz MYO, 32950, Sütçüler-Isparta, Türkiye

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): serkanozdemir@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.10.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.03.2018



**Citation** (Atf): Özdemir, S., 2018. Random Forest Yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi örneği. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 51-56.

DOI: [10.18182/tjf.342504](https://doi.org/10.18182/tjf.342504)

modelleme çalışmalarında doğrusal olmayan modeller zamanla daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu durumun gerekçesi olarak ise ekosistem içerisindeki ilişkilerin genellikle doğrusal olmayan bir dağılıma sahip olması gösterilmektedir. Dolayısı ile de eğrisel ilişkilerin esas alındığı metotların kullanılması ve yaygınlaşması kaçınılmaz olmuştur. Özellikle son yıllarda makine öğrenme yöntemlerinin geliştirilmesi ve popüler olması da bu süreci hızlandıran başlıca nedenler olarak ifade edilmektedir (Özkan, 2013). Süreç bu şekilde ilerleyince doğal olarak modelleme noktasında fayda sağlayabilecek birçok yöntem ortaya çıkmıştır. Fakat bunların sadece bir kısmı araştırmacılar tarafından tercih edilmiş yahut önerilmiştir. Bu yöntemlerden ayırım analizi (DA), lojistik regresyon analizi (LR), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), sınıflandırma ve regresyon ağacı tekniği (CART), maximum entropi yaklaşımı (MAXENT), kural seti tahmini için genetik algoritmalar (GARP) ve random forest (RF) en yaygın olanlarıdır. Belirtilen yöntemler arasında RF hariç diğerleri son yıllara kadar sıklıkla kullanılmaktayken, RF yöntemi özellikle R programının yaygınlaşması ile beraber daha sık tercih edilmeye başlanmıştır (Austin, 2007; Özkan vd., 2015; Beaumont vd., 2016; Mert vd., 2016).

RF, sınıflandırma ve regresyon ağaçlarından geliştirilen bir yöntem olmasının yanı sıra, en başarılı sonuçlar veren karar ağaçlarından biri olarak gösterilmektedir. Son yıllarda bu yöntem birçok disiplinde kullanılmaktadır ve ekoloji, iklim değişimi, uzaktan algılama gibi alanlarda yapılmış dikkat çekici çalışmalar bulunmaktadır (Breiman, 2001; Liaw ve Wiener, 2002; Pal, 2005; Gislason vd., 2006; Evans ve Cushman, 2009; Evans vd., 2011). RF yöntemi geleneksel sınıflandırma ve regresyon ağaçlarından farklı olarak çok sayıda karar ağacı oluşturmakta ve oluşturduğu bu ağaçların kombinasyonu üzerinden değerlendirme yapabileme imkanı sağlamaktadır. RF yönteminde karar ağaçlarının olduğu yapı orman (forest) olarak adlandırılmaktadır. Orman içerisinde her bir karar ağacı, önyükleme (bootstrap) tekniği ile veri setinden örneklemelerin seçilmesi ve her bir düğüm noktasında tüm değişkenler arasında belirlenen sayıda rastgele değişkenlerin belirlenmesi yoluyla oluşturulmaktadır.

Bu çalışmada RF yöntemi ile modelleme yapmak ve potansiyel dağılım haritasını oluşturabilmek için RStudio programından faydalanılmıştır. RF yöntemi kullanılarak kestirim modeli elde etmeye yönelik alternatif paket programlar (SPM, STATISTICA) mevcuttur. Ancak model elde edildikten sonra süreç devam etmektedir. Diğer bir ifade ile devam eden süreçte modelin yaygınlaştırılarak, potansiyel dağılım haritasının üretilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle elde edilen modelin yaygınlaştırılarak haritasının elde edilebilmesi için RStudio tercih edilmiştir.

RStudio, kod tabanlı bir program olup temel olarak R paket programı üzerinden çalışmaktadır. R sahip olduğu kütüphanesi yardımı ile kodların yazılarak istatistiksel hesaplamaların yapıldığı, grafiklerin elde edilebildiği bir programlama dilidir. İlk olarak 1990'lı yıllarda Ross Ihaka ve Robert Gentleman tarafından yazılan R dili için 1997 yılında bir grup araştırmacının dahil olduğu bir ekip kurulmuştur (R core team) ve 2000 yılında ilk sürümü yayınlanmıştır. O yıldan itibaren de belirli dönemlerde program güncellenmiştir, hala da güncellenmeye devam etmektedir. R programlama diline ait farklı versiyonlar

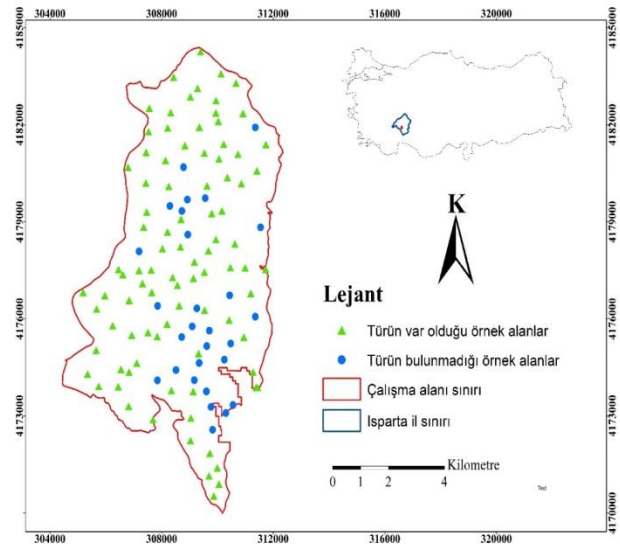
mevcuttur. Yapılan bu çalışmada nispeten daha pratik bir kullanım süreci olan RStudio kullanılmıştır. Günümüz itibarıyla R programlama diline ait versiyonlar (R 3.4.1 ve RStudio) farklı işletim sistemleri için ücretsiz olarak kullanıma sunulmaktadır (Ihaka ve Gentleman, 1996; Team, 2015).

Gerçekleştirilen bu çalışmada Özkan vd. (2015) tarafından ortaya koyulan 6 farklı modele yönelik sonuçların elde edildiği çalışmaya alternatif olarak RF yöntemi uygulanarak potansiyel dağılım modeli ve haritası elde edilerek sonuçlar itibarıyla bir karşılaştırma yapılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

Çalışmada materyal olarak Özkan vd.'nin (2015) Yukarıgökdere yöresinde gerçekleştirmiş oldukları araştırmanın verilerinden faydalanılmıştır. Yukarıgökdere yöresi, Akdeniz Bölgesinde Göller Yöresi sınırları içerisinde yer almaktadır ve yaklaşık 8000 ha büyüklüğündedir (Şekil 1). Alanda hakim anakaya kireçtaşı olmakla beraber, çalışmanın yürütüldüğü sahada yükseklik 800 ile 2000 m arasında değişmektedir. Çalışma alanı iklim özellikleri açısından bulunduğu konum itibarıyla Akdeniz elementlerinin hakim olduğu geçiş iklimi karakteristiklerini taşımaktadır. Yöreyle ait elde edilen iklim verilerine göre alanın yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 751 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise yaklaşık 13 C°'dir. Sahanın orman yapısını ise nispeten hakim yayılış alanına sahip olan *Pinus brutia* (Kızılçam), *Pinus nigra* (Karaçam), *Juniperus excelsa* (Boylu ardıç), *Cedrus libani* (Toros sediri) ve *Quercus* sp. (Meşe) türleri oluşturmaktadır (Özkan ve Negiz, 2011; Özkan vd., 2015).



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

## 2.2. İstatistiksel değerlendirme

Özkan vd.'nin (2015) yapmış oldukları çalışmada 119 örnek alan verisi kullanılmıştır. Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği her bir örnek alanda çalışmaya konu olan Boylu ardıç türüne ait var-yok verileri kaydedilmiştir. Çalışmada alanda yayılış gösteren Boylu ardıç türünün potansiyel dağılım modelinin belirlenmesi hedeflenmiş ve 6 farklı yöntem kullanılarak potansiyel dağılım haritası elde edilmiştir. Kullanılan yöntemler açısından araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen ve önerilen modellerden ayırım analizi (DA), lojistik regresyon analizi (LR), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), sınıflandırma ağacı tekniği (CT), maksimum entropi yaklaşımı (MAXENT) ve kural seti tahmini için genetik algoritma (GARP) kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında MAXENT ve GARP sadece türlere ait var verilerini kullanarak dağılım modeli oluştururken, diğerleri hem var hem de yok verileri ile model elde etmektedir. Bu çalışmada ise Özkan vd. (2015) tarafından kullanılan modellere alternatif olarak RF yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım haritası oluşturulmuş ve her bir model için elde edilen AUC değerlerinden faydalanılarak kıyaslama yapılmıştır. Söz konusu modeller oluşturulurken çevresel değişkenlerden yükselti, anakaya, eğim, radyasyon indeksi ve topoğrafik pozisyon indeksi kullanılmıştır.

## 2.3. Random Forest

Random Forest (RF) yönteminde daha önce bahsedildiği üzere, dağılım modeli oluşturulurken geleneksel sınıflandırma ve regresyon ağaçlarından farklı olarak istenilen sayıda ağaç oluşturabilmek ve bu ağaçları her bir düğümdeki kestirim değerleri itibarıyla yaygınlaştırabilmek mümkün olabilmektedir. RStudio programı üzerinde bu işlemlerin gerçekleştirilmesi karmaşık bir süreci kapsamaktadır. Çünkü işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için verilerin hazırlanıp programa aktarılmasından, haritanın elde edildiği aşamaya kadar birçok farklı işlemin yapılması ve kompleks komutların kombine edilerek yazılması gerekmektedir. Şöyle ki, ilk olarak çalışma alanı içerisinde, modellemede kullanılacak olan değişkenlerin piksel bazında değerlerini içeren raster dosyaları ArcGis yazılımı ile hazırlanmıştır. Daha sonra hedef türün var olduğu ve olmadığı alanlara ait veri matrisi, var-yok olmak üzere her ikisini birden içeren, sadece var verilerini içeren, sadece yok verilerini içeren olacak şekilde MS Excel üzerinde hazırlanmış ve “.csv” formatında kaydedilmiştir. Bu dosyalar ise yine ArcGis üzerinde açılarak “.shp” formatında değişkenlerin olduğu klasöre kaydedilmiştir. Bu işlemin ardından Raster formatında hazırlanan altlıklar daha sonra modelin oluşturulması için yazılacak komutlarda kullanılmak üzere “.txt” formatında hazırlanarak kaydedilmiştir. Sonrasında ise, RStudio üzerinde çalışılacak olan klasörün programa tanıtmaya işlemi gerçekleştirilerek gerekli olan paketler ve kütüphaneleri (randomForest, rfUtilities, sp, raster, rgdal, rgl, AUCRF, pROC) yüklenmiştir. Kütüphaneler yüklendikten sonra hazırlanan “.txt” dosyası programa aktarılmıştır. Ardından raster dosyalarının bulunduğu klasördeki veriler yığın (stack) haline getirilmiştir. Yığın olarak ayarlanan veriler ve “.txt” dosyası, programda hazır hale getirildikten sonra randomForest paketi içerisindeki ilgili parametreler girilerek modele ait kodlar yazılmıştır. Model oluşturulduktan sonra ise raster paketine ait kodlar ile modelin yaygınlaştırma

işlemi gerçekleştirilmiş ve potansiyel dağılım haritası oluşturulmuştur. Son olarak da modele ait uygunluk (fitting) işlemlerine yönelik kodlar yazılmıştır ve ardından AUCRF ve pROC paketlerine ait kodlar yardımı ile ROC (Receiver Operating Characteristic: Alıcı İşlem Karakteristiği) grafiği ve AUC (Area Under Curve: Eğrinin Altında Kalan Alan) değeri elde edilmiştir. ROC grafiği veya AUC değeri modelleme çalışmalarında sıklıkla tahmin modellerinin değerlendirilmesinde modelin tahmin gücünü ölçmek amacı ile tercih edilen bir yöntemdir. Aynı zaman da veri eğitim veri seti ve test veri seti olarak iki şekilde sınıflandırılarak işlem gerçekleştirilmektedir. Dolayısı ile modelin kendi içerisinde bir teyidi sağlanmakta ve bu teyidin geçerliliği sınırlanmaktadır. Diğer bir ifade ile ROC grafiği ve AUC değeri modelin güven aralığının tahmininde ki belirsizliği ortaya koyan araçlardır (Süel, 2014).

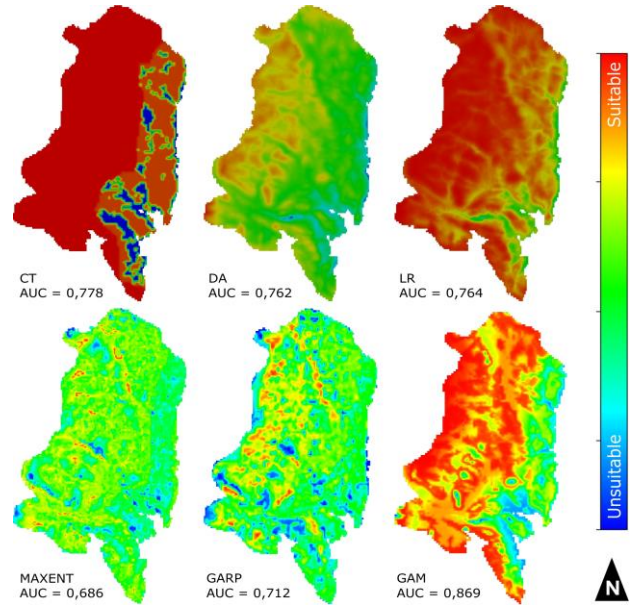
## 3. Bulgular

Özkan vd. (2015)' in yapmış oldukları çalışma da elde etmiş oldukları potansiyel dağılım haritaları ve AUC değerleri Şekil 2'de yer almaktadır.

Özkan vd. (2015)'nin çalışmasından elde edilen sonuçlara göre AUC değerleri açısından en uygun modelin 0,869 ile GAM'a ait olduğu görülmektedir.

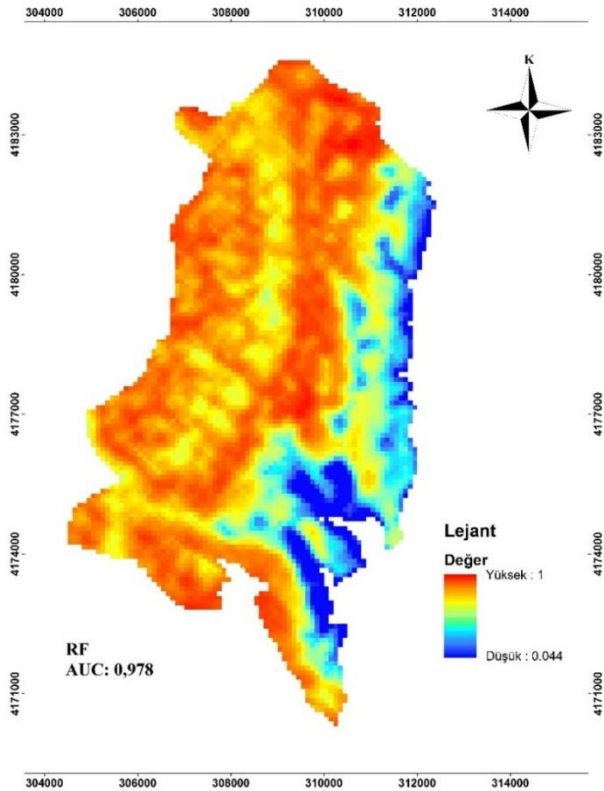
Yapılan bu çalışmada RF yöntemi ile model elde edilirken karar ağacı sayısı olarak 500 tercih edilmiştir. Breiman (2001) yapmış olduğu çalışmada da karar ağacı miktarı için 500'ü ideal olarak ifade etmiştir. Bu karar ağaçlarından kestirimde bulunarak elde edilen potansiyel dağılım haritası ve modele yönelik AUC değeri Şekil 3'te yer almaktadır.

Modeli oluşturan değişkenlerin modele hangi oranda katkı yaptığını gösteren grafik Şekil 4'te yer almaktadır.

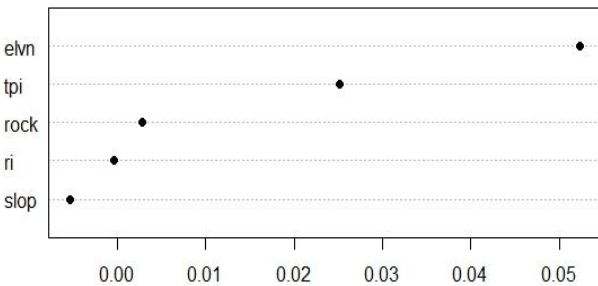


Şekil 2. 6 farklı model ile Yukarıgökdere yöresi için elde edilen potansiyel dağılım haritaları (Özkan vd., 2015)





Şekil 3. RF yöntemi ile Yukarıgökdere yöresi için elde edilen potansiyel dağılım haritası



Şekil 4. Modeli oluşturan değişkenlerin katkı oranları

Şekil 3. incelendiğinde modele katkı yapan değişkenlerin katkı oranlarına göre sırasıyla yükselti (elvn), topoğrafik pozisyon indeksi (tpi), anakaya (rock), radyasyon indeksi (ri) ve eğim (slope) olduğu görülmektedir.

#### 4. Tartışma ve sonuçlar

Son yıllarda özellikle de ekosistemler gibi heterojen ve karmaşık yapıların yordamlanmasının gerekli olduğu sistemlerde model tabanlı yaklaşımların kullanımı artmaktadır. Çünkü model tabanlı yaklaşımlar ile elde edilen çıktıların sonraki aşamaya aktarılabilirliği diğer bir ifade ile çıktılarının yaygınlaştırılabilirliği mümkün olabilmektedir. Bu sayede ise ormancılık ve ekoloji alanlarında en önemli hususlardan biri olan ekosistem tabanlı yönetim planlarının uygulanabilirliği için altlık oluşturulabilmektedir (Özkan, 2016). Günümüzde paradigmanın bu yönde bir değişime gidiyor olması da zamanla farklı modelleme ve haritalama yöntemlerinin sürece dahil olmasına katkı sağlamıştır. Özellikle ekosistem tabanlı yönetim planları için önemli bir

konu olan hedef türlerin modellenmesi ve haritalanması çalışmaları da değişen bu paradigmadan nasibini almıştır ve söz konusu farklı yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada da ekoloji alanında son yıllara kadar nispeten daha yoğun olarak tercih edilen modelleme yöntemlerine alternatif olarak RF yöntemi kullanılarak modelleme ve haritalama işlemi gerçekleştirilmiştir.

RF yöntemi hem sosyal bilimler hem de fen bilimleri alanlarında yapılan çalışmalarda modelleme tekniği olarak tercih edilmektedir. Yöntemin sosyal bilimlerde tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında kayıp verilere karşı duyarlı olması ile hem büyük ölçekli hem de küçük ölçekli veriler ile doğru sonuçlar verebilmesi gösterilmektedir (Akman vd., 2011; Cortez ve Embrechts, 2011; Rodriguez-Galiano vd., 2012). Ekoloji ve ormancılık başta olmak üzere fen bilimlerinde tercih edilme nedenleri arasında ise hem kategorik hem de sürekli veriler ile çalışabilmesi, modeli oluşturan değişkenlerin önem derecelerinin hesaplanabilmesi ve geleneksel karar ağaçlarında olduğu şekilde budama işlemine gerek duyulmaması gibi sebepler gösterilmektedir (Liaw ve Wiener, 2002; Akman vd., 2011). Bunun yanı sıra modeli orijinal veri setini öğrenme ve test veri seti şeklinde ayırmadan bir bütün halinde oluşturabilmesi, sapma oranı olmaksızın bir hata payı elde edebilme imkânı sağlaması ve yakınlık (proximity) komutu sayesinde modeli oluşturan değişkenler arasındaki ilişkilerin ve mesafenin tespit edilebilmesi yöntemi popüler yapan diğer avantajlar olarak ifade edilmektedir (Breiman, 2001; Grossman vd., 2010). Fakat tüm bunlara karşın modelin bazı olumsuz yanları bulunmaktadır. Lojistik regresyon, yapay sinir ağları, vb. yöntemlerde olduğu şekilde sonuç için bir güven aralığı verilmemesi, yöntemin uygulanabildiği programların kısıtlı olması ve oluşturulacak karar ağaçlarının sayısına bağlı olarak düşük bellekli bilgisayarlarda kullanımının zorlaşabilecek olması başlıca olumsuz özellikler arasında gösterilmektedir. Ek olarak RF yönteminde geleneksel karar ağaçlarında olduğu şekilde model oluşturulduktan sonra ortaya çıkan sonuç ağaç yapısı şeklinde görülememektedir. Model karmaşık bir şekilde oluşturulduğundan elde edilen sonuç işlemlerin aşamaları görülemeyecek şekilde (black box) verilmektedir (Breiman, 2001; Cutler vd., 2007; Evans vd., 2011).

RF yöntemi ile nispeten daha başarılı sonuçların elde edilebileceği birçok çalışmada ifade edilmiştir (Grossman vd., 2010; Evans vd., 2011). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da bahsi geçen çalışmalar ile karşılaştırma imkânı sağlamaktadır ki elde edilen bulgular da literatür ile paralellik taşımaktadır. RF yöntemi kullanılarak elde edilen modellerin uygunluğunun belirlenmesinde çoğunlukla AUC ve Kappa değerlerinden faydalanılmaktadır. Grossman vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada modele yönelik elde ettikleri Kappa değeri ile değerlendirme yaparken Breiman (2001) ve Evans vd. (2011) ise yapmış oldukları çalışmalarda AUC değerlerini kullanmayı tercih etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da modele yönelik AUC değerleri üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda elde eden bulgular doğrultusunda sonuçları iki aşamada değerlendirmek daha uygun olacaktır. İlk kısım RF yöntemi ile oluşturulan potansiyel dağılım haritasının ve AUC değerinin bağımsız bir şekilde değerlendirilmesi hususudur. Literatürde modellere ait olarak elde edilen AUC değerleri açısından, sonuç 0,90'dan büyük ise modelin mükemmel açıklamaya sahip olduğu, 0,90-0,80 arasında olursa iyi,

0,80-0,70 arasında olursa uygun açıklama yeteneğine sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Daha düşük olduğu durumlarda ise 0,70-0,60 arasında bir değere sahipse zayıf, 0,60'dan küçük olduğu durumlarda da modelin başarısız olduğu ifade edilmektedir (Araújo vd., 2005; Süel, 2014). Bu noktada RF yöntemi ile elde edilen modelin mükemmel açıklamaya (AUC: 0,978) sahip olduğu ifade edilebilmektedir. Diğer husus ise elde edilen sonuçların daha önce Özkan vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar (CT / AUC: 0,778, DA / AUC: 0,762, LR / AUC: 0,764, MAXENT / AUC: 0,712, GAM / AUC: 0,869) ile kıyaslanması konusudur ki, RF yöntemi ile elde edilen modelin 0,978'lik AUC değeri itibariyle uygunluk açısından daha iyi olduğunu söylemek mümkündür.

Bu noktadan hareketle, daha önce de ifade edildiği üzere, ülkemizde ve dünyada doğa insan etkileşiminin artması, iklimin değişken yapı göstermesi, ekosistemlerin tahrip olması gibi nedenler ile türler üzerine baskı oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak da ekosistem tabanlı yönetim planları gibi ekoloji odaklı yaptırımlar gerekli hatta zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle özellikle hedef türlere yönelik olarak yapılacak olan çalışmalarda potansiyel alanların belirlenmesi önem arz etmektedir. Bunun sağlanabilmesi için ise doğru yöntem ile hareket edilmesi anahtar rolü üstlenmektedir. Bu kapsamda, çalışmanın sonuçları düşünüldüğünde yapılacak olan benzer çalışmalarda alternatif bir yöntem olarak RF kullanılarak modelleme ve haritalama yapılmasının da başarılı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Yapılan bu çalışmada, yapmış oldukları çalışmanın verilerini paylaşarak materyal sağlayan Prof. Dr. Kürşad Özkan, Yrd. Doç. Dr. Özdemir Şentürk, Yrd. Doç. Dr. Ahmet Mert ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Güvenç Negiz'e teşekkürlerimi sunarım.

#### Kaynaklar

- Akman, M., Genç, Y., Ankaralı, H., 2011. Random forests yöntemi ve sağlık alanında bir uygulama. Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics, 3(1): 36-48.
- Araújo, M. B., Pearson R. G., Thuiller W., Erhard M., 2005. Validation of species-climate impact models under climate change, Global Change Biology, 11, 1504-1513.
- Austin, M., 2007. Species distribution models and ecological theory: a critical assessment and some possible new approaches. Ecological Modelling, 200(1): 1-19.
- Beaumont, L.J., Graham, E., Duursma, D. E., Wilson, P. D., Cabrelli, A., Baumgartner, J.B., Laffan, S.W., 2016. Which species distribution models are more (or less) likely to project broad-scale, climate-induced shifts in species ranges?. Ecological Modelling, 342, 135-146.
- Breiman, L., 2001. Random forests. Machine Learning, 45(1): 5-32.
- Cortez, P., Embrechts, M.J., 2011. Opening black box data mining models using sensitivity analysis. IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM), 11-15 April, 341-348, Paris.
- Cutler, D.R., Edwards, T.C., Beard, K.H., Cutler, A., Hess, K.T., Gibson, J., Lawler, J.J., 2007. Random forests for classification in ecology. Ecology, 88(11): 2783-2792.

- Evans, J.S., Cushman, S.A., 2009. Gradient modeling of conifer species using random forests. Landscape Ecology, 24(5): 673-683.
- Evans, J.S., Murphy, M.A., Holden, Z.A., Cushman, S.A., 2011. Modeling Species Distribution and Change Using Random Forest. In Predictive Species and Habitat Modeling in Landscape Ecology. Springer New York, pp. 139-159.
- Gislason, P.O., Benediktsson, J.A., Sveinsson, J.R., 2006. Random forests for land cover classification. Pattern Recognition Letters, 27(4): 294-300.
- Grossmann, E., Ohmann, J., Kagan, J., May, H., Gregory, M., 2010. Mapping ecological systems with a random forest model: Tradeoffs between errors and bias. Gap Analysis Bulletin, 17(1): 16-22.
- Humphreys, J.M., Elsner, J.B., Jagger, T.H., Pau, S., 2017. A Bayesian geostatistical approach to modeling global distributions of *Lygodium microphyllum* under projected climate warming. Ecological Modelling, 363, 192-206.
- Ihaka, R., Gentleman, R., 1996. R: a language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphical Statistics, 5(3): 299-314.
- Liaw, A., Wiener, M., 2002. Classification and regression by random forest. R News, 2(3): 18-22.
- Mert, A., Özkan, K., Şentürk, Ö., Negiz, M.G., 2016. Changing the potential distribution of Turkey Oak (*Quercus cerris* L.) under climate change in Turkey. Pol. Journal of Environmental Studies, 25(4): 1-6. DOI: 10.15244/pjoes/62230.
- Mert, A., Kıraç, A., 2017. Isparta Sütçüler Yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)' nin habitat uygunluk haritalaması. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1(1): 16-22.
- Özkan, K., Negiz, M.G., 2011. Isparta Yukarıgökdere Yöresi'ndeki odunsu vejetasyonun hiyerarşik yöntemlerle sınıflandırılması ve haritalanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(1): 27-33.
- Özkan, K., 2013. Yönetim ve geliştirme planlarının temel ekolojik altlıkları: İklim değişimine uyarlanabilir model tabanlı yetişme ortamı, biyoçeşitlilik, koruma alan değeri ve hedef tür habitat uygunluk haritaları. 2023'e Doğru 2. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu, 31 Ekim-03 Kasım 2013, Ed. Girgin, E., Antalya, Türkiye, s. 129-148.
- Özkan, K., 2014. Odun dışı orman ürünlerinin potansiyel dağılım haritalaması neden önemlidir? Nasıl gerçekleştirilmelidir? Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Eczacılık ve Ormancılıktaki Önemi Çalıştayı, 20-21 Mart 2014, Narin Sadıkoğlu (Ed.), İnönü Üniv. Eczacılık Fakültesi & Elazığ Orman Bölge Müdürlüğü, Malatya, s. 86-100.
- Özkan, K., Şentürk, Ö., Mert, A., Negiz, M.G., 2015. Modeling and mapping potential distribution of Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) using correlative approaches. Journal of Environmental Biology, Special issue, 36: 9-15.
- Özkan, K., 2016. Yeni paradigma anlayışı ile, her şeye tek bir bilgi altlık yolunda; ekosistem nitelik haritalaması. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(2): 410-444.

- Pal, M., 2005. Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing*, 26(1): 217-222.
- Pěkníková, J., Berchová-Bímová, K., 2016. Application of species distribution models for protected areas threatened by invasive plants. *Journal for Nature Conservation*, 34, 1-7.
- Rodriguez-Galiano, V.F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., Rigol-Sanchez, J.P., 2012. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67, 93-104.
- Rovzar, C., Gillespie, T.W., Kawelo, K., 2016. Landscape to site variations in species distribution models for endangered plants. *Forest Ecology and Management*, 369, 20-28.
- Süel, H., 2014. Isparta-Sütçüler Yöresinde av türlerinin habitat uygunluk modellemesi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Team, R., 2015. RStudio: integrated development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com>.
- Wason, J.W., Bevilacqua, E., Dovciak, M., 2017. Climates on the move: Implications of climate warming for species distributions in mountains of the northeastern United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, 246, 272-280.