

## *Phoenix theophrasti* Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı

Ömer Kamil Örucü<sup>a</sup> 

**Özet:** Makine öğrenme tekniği kullanılarak türlerin niş ve dağılımlarını modellemek günümüzde koruma planlamasının etkili araçlarından biri olmuştur. Ülkemize ait asli türlerin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin analiz edilmesi bu türlerin bitkilendirme çalışmalarında gelecek kullanımının planlanabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Türlerin var olduğu alanları ifade eden noktasal veriler ve bu alanlara ait sayısal biyoiklim verileri kullanılarak oluşturulmuş katmanlar sayesinde farklı iklim senaryolarına göre türün mevcut ve gelecekteki potansiyel yayılış alanları MaxEnt programı ile ortaya konulabilmektedir. Bu çalışmada peyzaj mimarlığı meslek disiplini açısından önemli, ülkemizde ve Girit Adası'nda doğal yayılış gösteren *Phoenix theophrasti* Gr. hurma türünün potansiyel yayılış alanını ile iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türe ait var verileri (presence data) ile WorldClim veri tabanından sağlanan yaklaşık 1 km<sup>2</sup> (30 arc seconds) çözünürlükte biyoiklim katmanları belirlenen sınırlar dahilinde kesilmiş ve Maximum Entropi algoritması ile işlenerek türün günümüz koşullarındaki potansiyel yayılış alanı belirlenmiştir. Ayrıca türün yayılış alanının iklim değişiminden nasıl etkileneceğini belirlemek için 5. IPCC raporu temel alınarak oluşturulmuş olan CCSM versiyon 4 (The Community Climate System Model) iklim değişimi senaryosuna göre türün RCP 4.5 ve RCP 8.5'e göre 2050 ve 2070 yıllarındaki potansiyel yayılış alanı modellenmiştir. Çalışma sonucunda *Phoenix theophrasti* Gr.'nin günümüz yayılış alanı olarak uygun alanlar 8.248 km<sup>2</sup> çok uygun alanlar ise 23.330 km<sup>2</sup>, toplamda ise 31.578 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca CCSM4 iklim değişikliği senaryosuna göre gelecekte türün potansiyel yayılış alanlarında kayıplar yaşandığı görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Tür dağılım modeli, MaxEnt, *Phoenix theophrasti* Gr., Temel bileşen analizi

## Prediction of future and current distribution of *Phoenix theophrasti* Gr. with using MaxEnt model and its utilization for planting design

**Abstract:** Nowadays utilizing machine learning techniques is an effective way for modeling species distributions areas and niches. Analyzing of the endemic species on account of how they are affected from the global warming is crucial because of future planning issues. It is possible to guess potential distributions areas in the future and current ones with regard to future climate change scenarios with MaxEnt program with combining presence data and layers creating by using bioclimatic data. The aim of this study is to determine of the potential distribution areas of the *Phoenix theophrasti* Gr. which is an important species for landscape architecture discipline and naturally existing in Crete and our country and how these potential distribution areas effected from the global warming. The presence data of the species and bioclimatic data with 30 arc second resolution from WordClim database are clipped in accordance to the borders of the study area and potential distribution areas are determined processing with maximum entropy algorithm. Furthermore, on account of determining the effects of the global warming, the future distribution areas have modelled with regard to RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios for 2050 and 2070 years according to The Community Climate System Model (CCSM version 4) creating based on IPCC 5 report. As a result, the suitable areas as 8.248 km<sup>2</sup> the more suitable ones 23.330 km<sup>2</sup> and totally 31.578 km<sup>2</sup> area have been calculated. Besides, some missing areas were determined in terms of the potential distribution areas of the species in the future according to the climate change scenario of the CCSM4.

**Keywords:** Species distribution model, MaxEnt, *Phoenix theophrasti* Gr., Principal component analysis

### 1. Giriş

İklim, yeryüzündeki bitki türleri ve bitki topluluklarının esas karakteri ile yayılış alanlarını belirleyen en önemli ekolojik faktördür (Günel, 2013). İklimi oluşturan parametreler (sıcaklık, yağış nem vd.) önemli ölçüde bitkilerin büyümesini ve gelişmesini etkiler ve bu nedenle bitki türlerinin coğrafi dağılımını belirleyen değişkenlerdir (Lenoir vd., 2008; Bertrand vd., 2011). İklim sistemi,

yerkürenin yaklaşık 4.5 milyar yıllık tarihi boyunca milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal olarak değişme eğilimi göstermiştir (Türkeş, 2008). Günümüzde küresel iklim değişikliği daha önce görülmemiş bir oranda gerçekleşmekte ve geçtiğimiz yüzyılda ortalama sıcaklık 0,85°C artarak 2100 yılına kadar min. 0,3–1,7°C ila max. 2,6–4,8°C arasında artmaya devam etmesi beklenmektedir (IPCC, 2014). Özellikle dar habitatları olan bitki türlerinin yaşam alanları iklimin değişmesi ile birlikte

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): omerorucu@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 30.08.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.09.2019



**Citation** (Atıf): Örucü, Ö.K., 2019. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının Maxent Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. Turkish Journal of Forestry, 20(3): 274-283.  
DOI: [10.18182/tjf.613205](https://doi.org/10.18182/tjf.613205)

ciddi anlamda tehdit altındadır (Thuiller vd., 2005; Fitzpatrick vd., 2008; Lawler vd., 2009; Cobben vd., 2015; Ashraf vd., 2016; Yi vd., 2016; Zhang vd., 2018). Bu bakımdan nesli tükenmekte olan değerli türlerin kalıcı olarak kaybedilmemesi için söz konusu türlerin yayılış alanları değişmeden gereken önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda habitat tahmini ve haritalama tehdit altındaki ve nesli tükenmekte olan türler ile azalan yerli toplulukların izlenmesi için kritik öneme sahiptir (Gaston, 1996).

Türlerin var olduğu noktasal alan kayıtları ile bu alanlara ait sayısal biyoiklim verileri kullanılarak oluşturulmuş katmanlar sayesinde türün mevcut potansiyel yayılışları ve farklı iklim senaryolarına göre gelecekteki potansiyel yayılışları makine öğrenme yöntemleri ile ortaya konulabilmektedir (Sérgio vd., 2007; Wang vd., 2007b; Ward 2007; Phillips ve Dudik, 2008; Wollan vd., 2008; Tittensor vd., 2009; Williams vd., 2009; Yuan vd., 2015; Sarıkaya vd., 2018; Arslan, 2019). Ekolojik gereklilikleri, ekolojik tepkileri ve yayılış alanlarını değerlendirmek için CLIMEX, Doup, kural seti üretimi için genetik algoritma (GARP) ve maksimum entropi (MaxEnt) gibi çeşitli tür dağılım modelleri (SDM'ler) kullanılmıştır (Brito vd., 2009; Elith ve Leathwick, 2009; Wei vd., 2018). Bu modelleme yaklaşımları arasında MaxEnt, diğer modelleme yöntemlerine göre küçük örneklem büyüklükleri ile daha iyi performans göstermesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Pearson vd., 2007; Tsoar vd., 2007; Phillips ve Dudik, 2008; Süel, 2014).

Avrupa'nın yerli iki palmyesinden biri olan *Phoenix theophrasti* Greuter (Datça Hurması) dünyada sadece Türkiye ve Yunanistan'da doğal yayılış göstermektedir (Boydak, 1985; Boydak, 1986; Boydak ve Barrow, 1994; Tsakiri vd., 2016). İlk tespit edildiği yer olan Girit Adası dışında Datça, Bodrum ve Finike-Karaöz civarlarında popülasyonları kaydedilmiştir (Boydak, 1986; Hazir ve Buyukozturk, 2013). Greuter tarafından farklı bir *Phoenix* türü olarak tanımlanmaya dek *P. theophrasti*, yetiştiriciliği yapılan ve doğal yayılışı bulunmayan *P. dactylifera* türünün yabani bir formu olarak kabul edilmiştir (Liolios vd., 2009; Vardareli, 2012; Çon, 2017).

Genel olarak 10 m'ye kadar boylanabilen bu tür, deniz seviyesinden 350 m'ye kadar yayılış gösterebilmekle (Kavgacı, 2014) birlikte kısa süreli soğuklara, yüksek sıcaklıklara ve kuvvetli güneş ışınlarına toleransı oldukça fazladır. Ayrıca deniz suyuna, kıyı rüzgârlarına ve tuza dayanıklıdır (Palmpedia, 2019). Yerli bir tür olduğu için hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklıdır. Yapılan araştırmalarda özellikle diğer palmye türlerine önemli oranda ekonomik zarar veren palmye kırmızı böceğine (*Rynchophorus ferrugineus* Oliver) karşı daha dirençlidir (Kontodimas vd., 2006). *Phoenix theophrasti* Gr. IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources=Uluslararası Doğayı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği)'nin 2007 yılında açıklanan Kırmızı Liste'sinde "Düşük Risk Grubu (Lower Risk/Near Threatened (LR/NT))'na dâhil edilmiştir (Tsakiri vd., 2016; Vardareli vd., 2019).

Çalışmanın amacı ülkemizin tek doğal palmye türü olan ve sınırlı alanda yayılış gösteren, bitkisel tasarım açısından önemli *Phoenix theophrasti* Gr.'nin potansiyel yayılış alanı ile gelecekte iklim değişikliği sebebiyle yayılış alanlarının nasıl etkileneceğinin belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve yöntem

Çalışma alanı olarak *Phoenix theophrasti* Gr. (Şekil 1)'nin doğal yayılış alanı olan Türkiye'nin güneybatı bölgesi ile Ege denizindeki Amorgos, Anafi adaları ile Girit adası ve çevresi olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin habitusu ve meyve görünümü (Palmpedia, 2019)

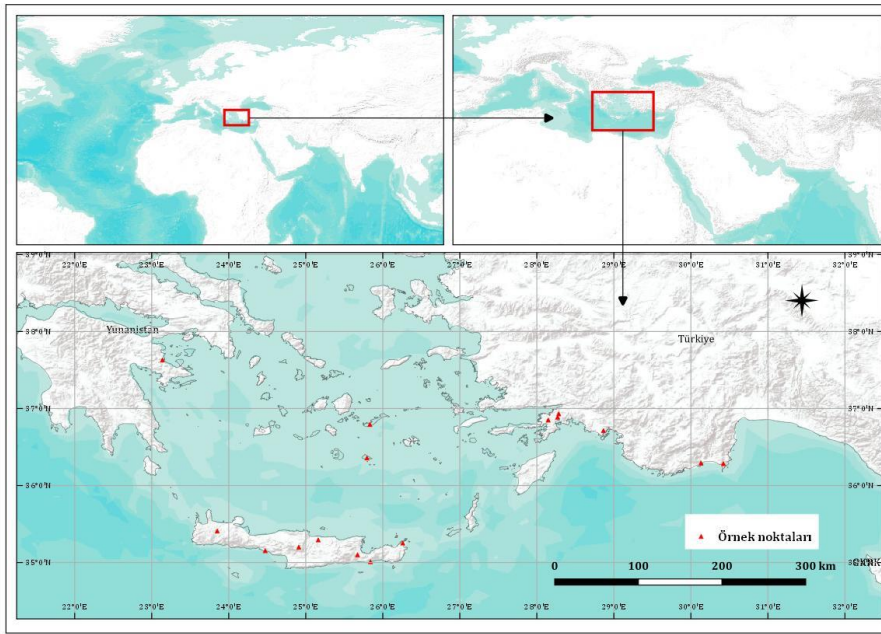
Çalışmada kullanılan var verileri için türün yayılış gösterdiği alanlarda, mevcut literatür bilgileri temel alınarak (Davis, 1984; Boydak, 1986; Phitos vd., 1995; Kougioumoutzis vd., 2012; Niamouris ve Psirofonia, 2012; Boydak, 2019; EUFORGEN, 2019; GBIF, 2019; Palmpedia, 2019) 16 örnek noktanın koordinatları belirlenmiş ve QGIS 3.8.1 (QGIS, 2019) programında Google Satellite Hybrid altlık haritaları kullanılarak WGS 84 koordinat sisteminde belirlenen örnek noktalar işaretlenmiştir. Şekil 2’de çalışma alanı ve örnek noktaları

Çizelge 1’de ise örnek noktalara ait konum bilgileri görülmektedir.

Bu çalışmada peyzaj mimarlığı meslek disiplini açısından önemli, ülkemizde ve Girit Adası’nda doğal

yayıllık gösteren *Phoenix theophrasti* Gr.’nin potansiyel yayılış alanı ile gelecekte iklim değişikliği sebebiyle yayılış alanlarının nasıl etkileneceğinin belirlenmesi için tür dağılım modeli kullanılmıştır.

Günümüzdeki potansiyel yayılış alanı modellemesi için WorldClim veri tabanından faydalanılmıştır. WorldClim version 1 1960 ile 1990 arasında aylık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri ile aylık ortalama yağış bilgilerini içerir. Güncel dağılımı belirlemek için kullanılan ve 30 saniye uzamsal çözünürlükteki (yaklaşık 800 m) iklimsel değişkenler WorldClim version 1’deki gözlemlenen verilerden türetilmiş verilerdir ve Çizelge 2’de verilmiştir (Hijmans vd., 2005; WorldClim, 2019).



Şekil 2. Çalışma alanı ve örnek noktalar

Çizelge 1. Örnek noktalara ait konum bilgileri

Nokta	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	Ülke	İl	İlçe
1	36° 55' 60"	28° 16' 54"	Türkiye	Muğla	Marmaris
2	36° 51' 7"	28° 8' 43"	Türkiye	Muğla	Marmaris
3	36° 17' 10"	30° 25' 7"	Türkiye	Antalya	Kumluca
4	36° 17' 34"	30° 7' 41"	Türkiye	Antalya	Finike
5	36° 42' 53"	28° 51' 42"	Türkiye	Muğla	Dalaman
6	36° 53' 17"	28° 16' 4"	Türkiye	Muğla	Marmaris
7	35° 24' 39"	23° 50' 58"	Yunanistan	Girit	Girit
8	35° 6' 4"	25° 40' 13"	Yunanistan	Girit	Girit
9	35° 08' 23"	24° 54' 17"	Yunanistan	Girit	Girit
10	35° 9' 21"	24° 28' 21"	Yunanistan	Girit	Girit
11	35° 0' 42"	25° 50' 15"	Yunanistan	Girit	Girit
12	35° 15' 19"	26° 15' 28"	Yunanistan	Girit	Girit
13	37° 37' 57"	23° 8' 16"	Yunanistan	Peloponnese	Epidaurus
14	35° 17' 44"	25° 9' 36"	Yunanistan	Girit	Girit
15	36° 47' 40"	25° 49' 50"	Yunanistan	Amorgos Adası	Amorgos
16	36° 21' 36"	25° 47' 34"	Yunanistan	Anafi Adası	Anafi

Çizelge 2. İklimsel değişkenler (WorldClim, 2019)

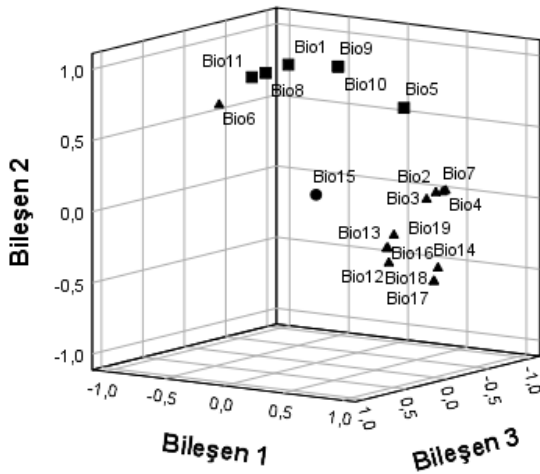
Değişkenlere ait kodlar	İklim değişkenlerinin açıklamaları
Bio 1	Yıllık ortalama sıcaklık
Bio 2	Günlük ortalama değişim aralığı (günlük maks. ve min. sıcaklıkların ort.)
Bio 3	İzotermalite (Eş ısı)
Bio 4	Mevsimsel sıcaklık
Bio 5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı
Bio 6	En soğuk ayın en düşük sıcaklığı
Bio 7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı (Bio 5 – Bio 6)
Bio 8	En nemli ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 9	En kurak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 10	En sıcak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 11	En soğuk ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 12	Yıllık yağış miktarı
Bio 13	En nemli ayın yağış miktarı
Bio 14	En kurak ayın yağış miktarı
Bio 15	Mevsimsel yağış miktarı
Bio 16	En nemli ilk üç ayın yağış miktarı
Bio 17	En kurak ilk üç ayın yağış miktarı
Bio 18	En sıcak ilk üç ayın yağış miktarı
Bio 19	En soğuk ilk üç ayın yağış miktarı

Çizelge 3: Döndürülmüş bileşen matrisi (Quartimax)

Çevresel değişkenler	Bileşenler		
	1	2	3
Bio2	.964		
Bio3	.961		
Bio7	.958		
Bio4	.935		
Bio19	.918		
Bio16	.888		.402
Bio13	.885		.409
Bio12	.856		
Bio18	.789	-.501	
Bio17	.789	-.501	
Bio6	-.728	.646	
Bio14	.651	-.458	-.542
Bio9		.983	
Bio10		.982	
Bio1		.974	
Bio8	-.440	.878	
Bio11	-.450	.870	
Bio5	.667	.733	
Bio15	.538		.766

Çalışmada kullanılan iklimsel değişkenlerin aralarında korelasyon bulunup bulunmadığı SPSS 25 istatistik programında Faktör Analizi yöntemlerinden biri olan Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis=PCA) yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu yöntem bir veri kümesinin karakterini en iyi ortaya koyan temel bileşenleri (birbirine dik vektörleri) bulmaya dayanmakta ve çoklu bağlantı problemini ortadan kaldırmaktadır (Süel, 2014). Döndürme yöntemi olarak Quartimax yöntemi kullanılmış ve özdeğerleri 1.0 dan büyük olan özvektörler temel bileşen olarak seçilmiştir (Özdamar ve Dinçer, 1987). Şekil 3'te Quartimax yöntemine göre döndürülmüş bileşenlerin grafiği, çizelge 3'te döndürülmüş bileşen matrisindeki değişkenlerin faktör yükleri görülmektedir.

Çizelge 3'te görülen 3 temel bileşenden (PC) birinci bileşen birbiri ile ilişkili olmayan değişkenleri içerdiğinden bu bileşeni oluşturan iklimsel değişkenler modele dâhil edilerek sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3. Döndürülmüş temel bileşenler grafiği

Çalışmada *Phoenix theophrasti* Gr. türünün geleceğe dönük yayılış alanını tahmin etmek amacıyla iklim modeli olarak Mayıs 2010'da tüm alt modellerin yeni sürümü olan ve dünyanın atmosferini, okyanus, kara yüzeyini ve deniz buzu ile aynı zamanda bir merkezi birleştirici bileşenini eşzamanlı olarak simüle eden ve dört ayrı modelden oluşan, araştırmacıların dünyanın geçmiş, şimdiki ve gelecekteki iklim durumları hakkında temel araştırmalar yapmalarına izin veren CCSM versiyon 4 (The Community Climate System Model) kullanılmıştır. Bu modele bağlı olarak iklim senaryosu olarak da Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin Beşinci Değerlendirme Raporunda (IPCC5) rapor edilen iklim değişikliği senaryolarından (Representative Concentration Pathways RCPs) RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları çalışılmıştır. RCP'ler iklim modellerinde ve araştırmalarında, yakın gelecekteki sera gazı salınımı yoğunluklarına bağlı olarak mümkün olduğu düşünülen iklim senaryolarını tanımlamak için kullanılmaktadır (Hunt vd., 2007; Moss vd., 2010; Remya vd., 2015). Gelecek için yapılan tahminlerde 2050 biyoklimatik verileri 2041 ila 2060 arasındaki ortalamaları, 2070 verileri de 2061 ila 2080 arasındaki ortalamaları ifade eder (CESM, 2019).

Türün potansiyel ve gelecekteki dağılımının modellenmesinde korelatif bir model olan maksimum entropi yaklaşımı MaxEnt 3.4.1 sürümü (Phillips vd., 2006; Elith ve Leathwick, 2009) kullanılmıştır. MaxEnt modelleme prosedürü 'auto features' özelliği kullanılarak yürütülmüştür.

Modelin performansını belirlemek için ROC (Receiver Operating Characteristic) analizinden elde edilen AUC (Area Under the ROC Curve) değerinden faydalanılmıştır. (Wang vd., 2007a; Phillips, 2017). Elde edilen AUC değeri, doğru ayarlanmış bir modelde rastgele seçilen grid hücrelerinin varlığının tahmini olasılığı olarak yorumlanabilir. AUC tüm olası eşiklerle modelin başarısını tanımlamaktadır. Eğer bu değer  $AUC > 0.5$  ise modelin rastgele bir tahminden daha iyi performans gösterdiğini ifade eder (Phillips ve Elith, 2010). AUC test değeri 1'e ne kadar yakınsa ayırım o kadar iyi, model hassas ve tanımlayıcıdır (Phillips vd., 2006; Gassó vd., 2012; Hosmer vd., 2013). Son olarak çevresel değişkenlerin katkı derecesini belirlemek amacıyla, MaxEnt modelleme programında Jackknife testi seçeneği kullanılmıştır (Pearson

vd., 2007; Shcheglovitova ve Anderson, 2013). Bu seçenek her bir bağımsız değişkenin modelin oluşturulmasındaki önem derecelerini belirlemeye olanak tanımaktadır. Potansiyel dağılım haritaları oluşturulurken yayılış alanı için ise üç eşik değeri kullanılmıştır. Buna göre 0-0.5 uygun değil, 0.5-0.7 uygun, 0.7-1 çok uygun alanlar anlamına gelmektedir.

### 3. Bulgular ve tartışma

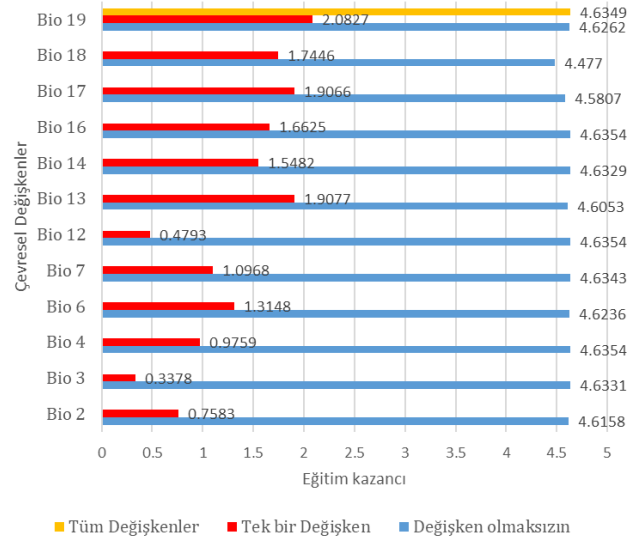
Çalışma sonucunda elde edilen modelin çıktılarına göre, AUC > 0.5 olması nedeniyle model rastgele bir tahminden daha iyi bir performans göstermiştir. Elde edilen ROC eğrisindeki 0,998 AUC değeri modelin hassaslığını kanıtlamaktadır. Bu sonuçlar, model performansının çok iyi olduğunu yani modelin yüksek bir tahmin gücü olduğunu göstermektedir (Gassó vd., 2012).

Jackknife MaxEnt modelleme programında çevresel değişkenlerin etkilerini ölçmeye sağlayan bir seçenektir. Bu seçenek her bir bağımsız değişkenin modelin oluşturulmasındaki önem derecelerini belirlemeye olanak tanımaktadır. Buna göre *Phoenix theophrasti* Gr. için Jackknife testi kazanım tablosu (Jackknife of regularized training gain) oluşturulmuştur (Şekil 4). İzolasyonda kullanıldığında en yüksek kazancı olan çevresel değişken en soğuk mevsimin yağış miktarını gösteren Bio 19'dur, bu nedenle Bio 19 değişkeni en faydalı bilgiye sahiptir. Bu değişkeni en nemli mevsimin yağış miktarını gösteren Bio 13 ve en kurak mevsimin yağış miktarını gösteren Bio 17 takip etmektedir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan çevresel değişken ise en sıcak mevsimin yağış miktarını gösteren Bio 18'dir ve bu nedenle diğer değişkenlerde bulunmayan en fazla bilgiye sahip olduğu tahmin edilmektedir.

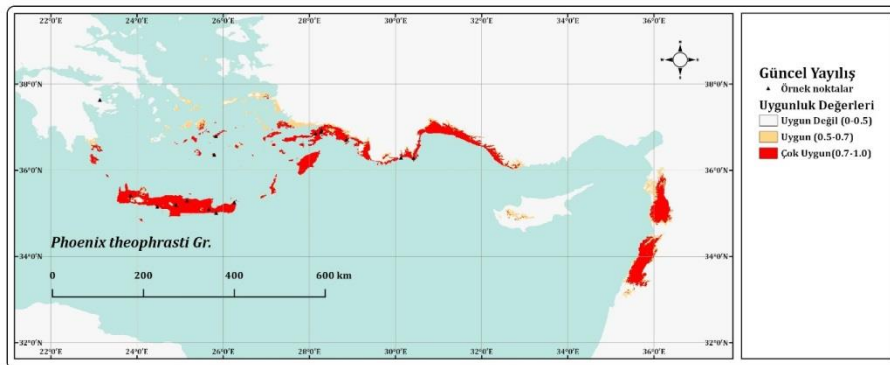
QGIS 3.8.1 versiyonu kullanılarak MaxEnt modeli tarafından yansıtılan *Phoenix theophrasti* Gr.'nin günümüz potansiyel dağılımlarına ait tahminler haritası Şekil 5'te verilmiştir. MaxEnt modelinde bir türün alanda bulunma oranı 0-1 arasında bir değer ile belirlenmektedir. Değerler 1'e yaklaştıkça türün potansiyel olarak o alanda bulunma oranı artmaktadır. Çalışmada, *Phoenix theophrasti* Gr.'ye ait mevcut ve potansiyel dağılımın belirlenmesinde habitat

uygunluğu için eşik değerler 0-0.5 uygun olmayan, 0.5-0.7 uygun 0.7-1.0 çok uygun şeklinde belirlenmiştir. Şekil incelendiğinde *Phoenix theophrasti* Gr.'nin bilinen coğrafi yayılışı ile günümüz potansiyel yayılış alanlarının tahmini arasında büyük ölçüde benzerlik bulunmakla birlikte özellikle ülkemiz için yayılış alanı batıda Aydın-Kuşadası ilçesinden başlayarak sahil boyunca doğuda Mersin-Bozyazı'ya kadar uzanmaktadır. Ülkemiz dışında 38°inci paralelin altında kalan Ege adaları ile Mora yarımadasının uç kısmı ile literatür bilgilerinde geçmeyen ve bilindik yayılış alanının dışında kalan Güney Kıbrıs Rum Kesimi orta kısımları ile Lübnan ve Suriye'nin Akdeniz kıyılarında da yayılış alanı gösterebileceği tahmin edilmektedir.

Çizelge 4'te belirlenen sınırlar içinde türün uygunluk değerlerine göre tahmini yayılış alanları km<sup>2</sup> olarak verilmiştir. Buna göre 8.248 km<sup>2</sup> uygun 23.330 km<sup>2</sup> çok uygun olmak üzere toplam 31.578 km<sup>2</sup> lik güncel bir yayılış alanı olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4. *Phoenix theophrasti* Gr. için jackson testi sonuçları



Şekil 5. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin tahmin edilen güncel yayılış alanı

Çizelge 4. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin uygunluk değerlerine göre tahmini yayılış alanı (km<sup>2</sup>)

Uygunluk Durumu	Tahmin edilen güncel yayılış alanı
Uygun değil	15.182.799
Uygun	8.248
Çok Uygun	23.330
<b>Toplam</b>	<b>15.214.378</b>

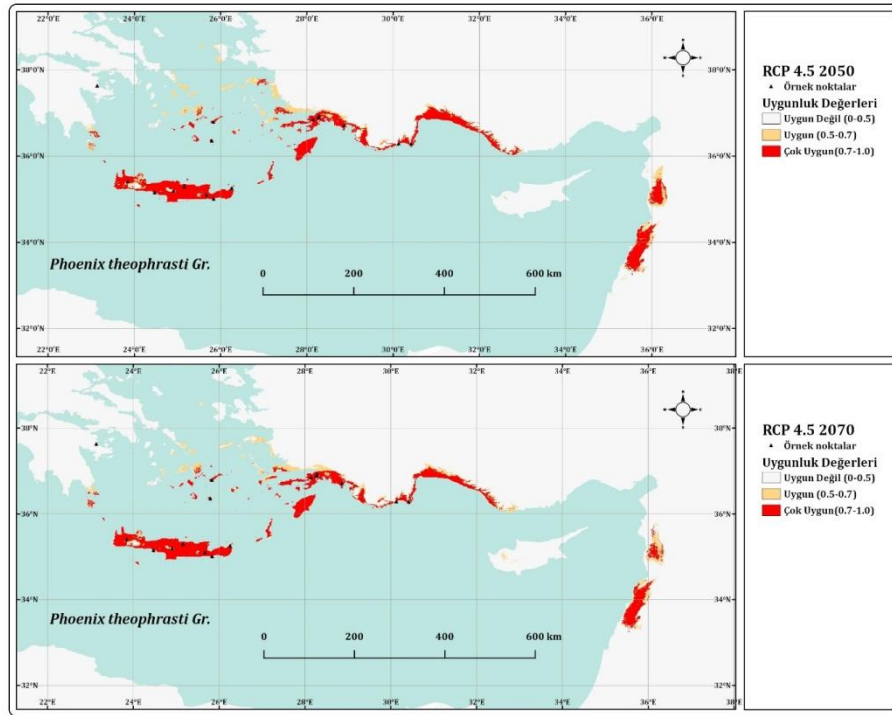
Model verilerine göre, *Phoenix theophrasti* Gr.'nin 2050 ve 2070 yılları için RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim değişikliği senaryolarına göre tahmin edilen potansiyel dağılımları ayrıntılı olarak Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Buna göre *Phoenix theophrasti* Gr.'nin 2050 ve 2070 yıllarındaki biyoklimatik koşullar altındaki potansiyel dağılımı, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında azalmaktadır. Bu tahminler gelecekte *Phoenix theophrasti* Gr.'nin coğrafi yayılışının azalacağını ve her iki iklim değişikliği senaryosunda da muhtemel habitat kayıplarının ciddi oranlara ulaşabileceğini öngörmektedir.

İklim değişikliği ve arazi kullanım yoğunluğunun artması, habitat kayıplarının başlıca nedenleri olarak tanımlanmış olup (Yi vd., 2016; Abolmaali vd., 2018; Hansen vd., 2018; Arslan, 2019), habitat kayıpları ve

parçalanmaları ise biyolojik çeşitlilik kaybında en önemli faktörlerden biri olarak görülmektedir (Ertuğrul vd., 2017; Mert ve Kıracı, 2017; Qin vd., 2017).

Çizelge 5'te *Phoenix theophrasti* Gr.'nin günümüz ve gelecekte tahmin edilen yayılış alanları km<sup>2</sup> olarak verilmiştir. Günümüz koşullarında 8.248 km<sup>2</sup> olan uygun habitat koşullarının RCP 4.5 senaryosuna göre 2050 yılı için 9.544 km<sup>2</sup>'ye çıkmakta, 2070 yılı için 8.302 km<sup>2</sup>'ye düşmektedir. Aynı şekilde günümüz için çok uygun alan olarak tahmin edilen 23.330 km<sup>2</sup>'lik alan RCP 4.5 senaryosuna göre 2050 yılı için 19.156 km<sup>2</sup> 2070 yılı için 18.179 km<sup>2</sup>'ye düşeceği tahmin edilmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre ise uygun alanlar 2050 için 7.272 km<sup>2</sup> 2070 için 6.228 km<sup>2</sup> çok uygun alanlar ise 2050 için 11.283 km<sup>2</sup>, 2070 için 12.341 km<sup>2</sup> olacağı tahmin edilmektedir. Bu veriler, 2050 ve 2070 periyotlarında RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları için *Phoenix theophrasti* Gr.'nin yayılış alanlarının azalacağını göstermektedir.

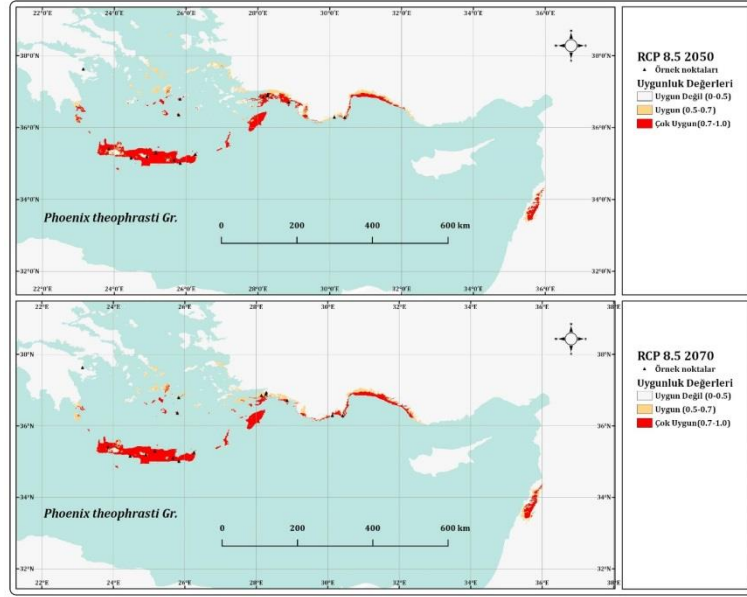
Yapılan modelleme sonucunda *Phoenix theophrasti* Gr.'nin Türkiye'deki günümüz ve gelecek için tahmini yayılış alanlarını gösterir harita Şekil 8'de verilmiştir.



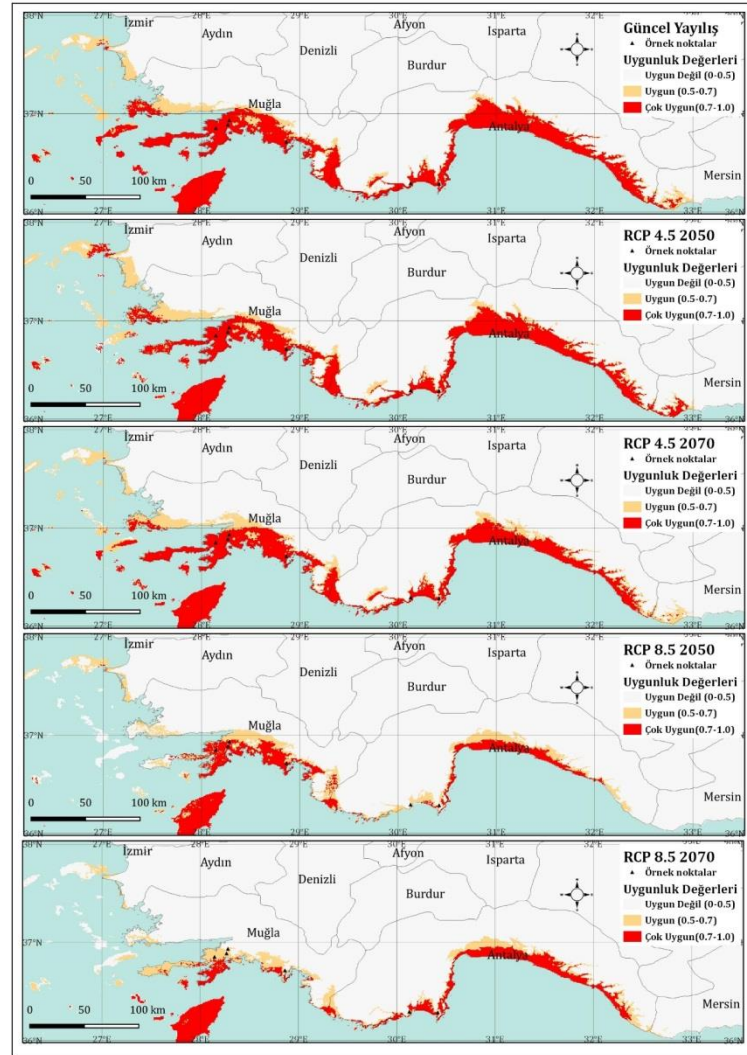
Şekil 6. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin RCP 4.5 senaryosuna göre 2050 ve 2070 yıllarına ait tahmini yayılış alanları

Çizelge 5. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin günümüz ve gelecekte tahmin edilen yayılış alanları (km<sup>2</sup>)

Uygunluk durumu	Güncel	RCP 4.5 2050	RCP 4.5 2070	RCP 8.5 2050	RCP 8.5 2070
Uygun Değil (0-0.5)	15.182.799	15.185.678	15.187.897	15.195.823	15.195.808
Uygun (0.5 - 0.7)	8.248	9.544	8.302	7.272	6.228
Çok uygun (0.7 - 1)	23.330	19.156	18.179	11.283	12.341
<b>Toplam</b>	<b>15.214.378</b>	<b>15.214.378</b>	<b>15.214.378</b>	<b>15.214.378</b>	<b>15.214.378</b>



Şekil 7. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin RCP 4.5 senaryosuna göre 2050 ve 2070 yıllarına ait tahmini yayılış alanları



Şekil 8. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin Türkiye'deki günümüz ve gelecekteki tahmini yayılış alanları

Ülkemiz için güncel yayılış alanı uygun alanlar 3.102 km<sup>2</sup> çok uygun alanlar olarak 6666 km<sup>2</sup> toplamda ise 9.768 km<sup>2</sup> tahmin edilmektedir. Gelecek senaryolarında uygun ve çok uygun alanların toplamı RCP 4.5 senaryosuna göre 2050 için 9.522 km<sup>2</sup>, 2070 için 8.535 km<sup>2</sup> ye düşeceği RCP 8.5 senaryosuna göre de 2050 için 5.188 km<sup>2</sup>, 2070 için 4.847 km<sup>2</sup> olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum ise gelecekte iklimsel değişikliklere bağlı olarak *Phoenix theophrasti* Gr.'nin muhtemel habitat kayıplarının ülkemiz için ciddi oranlara ulaşabileceğine işaret etmektedir (Çizelge 6).

İklim değişimine bağlı olarak yayılış alanlarının tahmin edildiği benzer çalışmalarda bazı bitki ve böcek türlerinin coğrafi yayılışlarının artacağı sonuçlarına da ulaşılmıştır (Sarikaya vd., 2018). Günümüzde istilacı olmayan bu türlerin oluşabilecek habitat kayıpları ve iklimsel değişikliklere bağlı olarak istilacı türler haline gelebilecekleri de öngörülmektedir. Örneğin geçmişte Türkiye'de kaydı bulunmayan ve *Phoenix theophrasti* Gr.'ye de zarar verebilecek *Rhynchophorus ferrugineus* (Palmiye kırmızı böceği) 2005 yılından itibaren palmiye türlerinde çok önemli zararlara sebep olmuştur (Hazir ve Buyukozturk, 2013). Bu durum iklim değişikliklerinin sadece habitat kayıpları ile sonuçlanmadığını ekosistemin birçok değişkenini de etkilediğini ortaya koymaktadır.

Güncel yayılış alanı ile gelecekte tahmin edilen yayılış alanları bir bütün olarak incelendiğinde *Phoenix theophrasti* Gr.'nin habitat kayıplarının özellikle Türkiye'nin güney ve batı bölgelerinde yer aldığı dikkati çekmektedir. İklim değişikliklerinin bitkiler üzerindeki etkilerine yönelik yapılan bazı çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş ve özellikle Akdeniz bölgesinde yayılış gösteren bitkilerin iklim değişimine adapte olmazlarsa yok olma tehlikelerinin bulunduğu bildirilmiştir (Karakaya, 2016; Dülgeroğlu ve Aksoy, 2018). Ancak Akdeniz bölgesindeki endemik türlerin zorlu habitat koşullarının yarattığı strese karşı daha toleranslı oldukları ve doğal ve antropojenik etmenlerden daha az etkilendikleri de bilinmektedir (Gassó vd., 2012; Dülgeroğlu ve Aksoy, 2018).

#### 4. Sonuç

Çalışma sonucu çok sınırlı bir alanda yayılış gösteren *Phoenix theophrasti* Gr.'nin tahmin edilen günümüz ve gelecek yayılış alanlarının giderek daha da daralacağını göstermektedir. Türlerin yayılış alanları modellenerek nadir ve tehlike altındaki türlerin yönetimi için değerli bilgiler üretilebilir. Bu bağlamda bulgulara göre literatür kayıtlarında olmayan Türkiye'de Antalya ile Mersin-Bozyazı arasındaki sahil kesimi, Güney Kıbrıs ile Lübnan ve Suriye'deki alanlarda muhtemel bir yayılış gösterebileceği tahmin edilmektedir. Bu alanlarda in-situ ve ex-situ koruma stratejileri geliştirilebilir.

Ekosistem dengesi ve sürekliliğin devamı, doğal peyzajın korunması ile hastalık ve zararlılara dayanıklılık açısından yerli türlerin bitkisel tasarımlarda kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu bakımdan *Phoenix theophrasti* Gr. özellikle ülkemiz için yayılış gösterebileceği Aydın-Kuşadası'ndan Mersin-Bozyazı'ya kadar olan sahil kesiminde yapılan bitkisel tasarım ve uygulamalarında egzotik palmiye türleri yerine kullanımı daha uygun olacaktır. Diğer palmiye türlerine göre olumsuz iklim şartlarına, hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı olan bu tür, saçak kök yapısı sayesinde kıyı alanlarında kumulların tutulması ve rüzgâr perdesi olarak fonksiyonel kullanımı mümkündür.

Estetik ve görsel kalitesi yüksek olan bu palmiye türü sahil kesimlerinde yol ve refüj ağaçlandırmasında, park ve bahçelerde, tatil köylerindeki bitkisel peyzaj tasarımlarında kullanılabilir.

Çizelge 6. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin Türkiye'de günümüz ve gelecekte tahmin edilen yayılış alanları

Uygunluk durumu	Güncel	RCP 4.5 2050	RCP 4.5 2070	RCP 8.5 2050	RCP 8.5 2070
Uygun Değil (0-0.5)	769.465	769.711	770.697	774.044	774.385
Uygun (0.5 - 0.7)	3.102	3.467	3.321	3.306	3.036
Çok uygun (0.7 - 1)	6.666	6.055	5.214	1.882	1.811
Toplam	779.232	779.232	779.232	779.232	779.232



## Kaynaklar

- Abolmaali, S.M.R., Tarkesh, M., Bashari, H., 2018. MaxEnt modeling for predicting suitable habitats and identifying the effects of climate change on a threatened species, *Daphne mucronata*, in central Iran. *Ecological Informatics*, 43: 116-123.
- Arslan, E. S., 2019. İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 20: 142-148.
- Ashraf, U., Ali, H., Chaudry, M.N., Ashraf, I., Batool, A., Saqib, Z., 2016. Predicting the potential distribution of *olea ferruginea* in Pakistan incorporating climate change by using MaxEnt model. *Sustainability*, 8(8): 722.
- Bertrand, R., Lenoir, J., Piedallu, C., Riofrío-Dillon, G., de Ruffray, P., Vidal, C., Pierrat, J.-C., Gégout, J.-C., 2011. Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature*, 479: 517.
- Boydak, M., 1985. The distribution of *Phoenix theophrasti* in the Datça Peninsula, Turkey. *Biological Conservation*, 32: 129-135.
- Boydak, M., 1986. Türkiye, Kumluca-Karaöz'de saptanan yeni bir doğal Palmiye (*Phoenix theophrasti*) yayılışı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A 36:1-13
- Boydak, M., Barrow, S., 1994. Bodrum-Gölköy'de saptanan yeni bir *Phoenix* yayılışı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44: 35-46.
- Boydak, M., 2019. A new subspecies of *Phoenix theophrasti* Greuter (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak) from Turkey. *Forestist*, 69: 133-144.
- Brito, J.C., Acosta, A.L., Álvares, F., Cuzin, F., 2009. Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African Canids. *Biological Conservation*, 142: 3020-3029.
- CESM, 2019. Community Earth System Model (CESM)/CCSM4.0 Public Release. <http://www.cesm.ucar.edu/models/ccsm4.0/>, Erişim: 20.06.2019.
- Cobben, M.M.P., van Treuren, R., Castaneda-Alvarez, N.P., Khoury, C.K., Kik, C., Van Hintum, T.J.L., 2015. Robustness and accuracy of MaxEnt niche modelling for *Lactuca* species distributions in light of collecting expeditions. *Plant Genetic Resources*, 13: 153-161.
- Çon, H., 2017. Datça hurması (*Phoenix theophrasti-Phoenix theophrasti* Subsp. *Golkoy*)'nın çimlenme ve fidanlarının farklı yetiştirme ortamlarında büyüme özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü/Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Antalya.
- Davis, P.H., 1984. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. Eight, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Dülgeroğlu, C., Aksoy, A., 2018. Küresel iklim değişikliğinin *origanum minutiflorum* Schwarz & PH Davis' in coğrafi dağılımına etkisinin maximum entropi algoritması ile tahmini. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11: 182-190.
- Elith, J., Leathwick, J.R., 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, Systematics*, 40: 677-697.
- Ertuğrul, E.T., Mert, A., Oğurlu, İ., 2017. Burdur Gölü Havzasında bazı yaban hayvanlarının habitat uygunluk haritalaması. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 18: 149-154.
- EUFORGEN, 2019. European Forest Genetic Resources Programme. <http://www.euforgen.org/species/phoenix-theophrasti/>, Erişim: 20.08.2019.
- Fitzpatrick, M.C., Gove, A.D., Sanders, N. J., Dunn, R.R., 2008. Climate change, plant migration, and range collapse in a global biodiversity hotspot: the *Banksia* (Proteaceae) of Western Australia. *Global Change Biology*, 14: 1337-1352.
- Gassó, N., Thuiller, W., Pino, J., Vilà, M., 2012. Potential distribution range of invasive plant species in Spain. *NeoBiota*, 12, 25.
- Gaston, K.J., 1996. Species richness : measure and measurement. In *Biodiversity : A Biology of numbers and difference*, ference (ed. K.J. Gaston). Oxford: Blackwell Science. 77-113.
- GBIF, 2019. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/species/5293186>, Erişim:
- Günal, N., 2013. Türkiye'de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, Online Thematic Journal of Turkic Studies, 5: 1-22.
- Hansen, W.D., Brazunas, K.H., Rammer, W., Seidl, R., Turner, M. G., 2018. It takes a few to tango: changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers. *Ecology*, 99: 966-977.
- Hazir, A., Buyukozturk, H.D., 2013. *Phoenix* spp. and other ornamental palms in Turkey: The threat from red palm weevil and red palm scale insects. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25: 843-853.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S., Sturdivant, R.X., 2013. *Applied logistic regression*, Vol. 398, John Wiley & Sons.
- Hunt, L.P., Petty, S., Cowley, R., Fisher, A., Ash, A.J., MacDonald, N., 2007. Factors affecting the management of cattle grazing distribution in northern Australia: preliminary observations on the effect of paddock size and water points1. *The Rangeland Journal*, 29: 169-179.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change P. R.K.veM. A.L., Geneva, Switzerland, 151 p.
- Karakaya, T., 2016. Gaziantep yöresi Nur Dağı'nda Kuşburnu (*Rosa canina* L.)'nun ekolojik özellikleri ile potansiyel dağılım modellemesi ve haritalanması. Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kavgacı, A., 2014. *Phoenix* L. "Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları " (Ü. Akkemik, ed.), pp. 180-182. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Kontodimas, D., Milonas, P., Vassiliou, V., Thymakis, N., Economou, D., 2006. The occurrence of *Rhynchophorus ferrugineus* in Greece and Cyprus and the risk against the native Greek palm tree *Phoenix theophrasti*. *Entomologia Hellenica*, 16: 11-15.
- Kougioumoutzis, K., Tiniakou, A., Georgiou, O., Georgiadis, T., 2012. Contribution to the flora of the South Aegean Volcanic Arc: Anafi Island (Kiklades, Greece). *Willdenowia*, 42: 127-141.
- Lawler, J.J., Shafer, S.L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E.P., Blaustein, A.R., Bartlein, P.J.J.E., 2009. Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology*, 90: 588-597.
- Lenoir, J., Gégout, J.-C., Marquet, P., De Ruffray, P., Brisse, H.J.S., 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320: 1768-1771.
- Liolios, C.C., Sotiroudis, G.T., Chinou, I., 2009. Fatty Acids, Sterols, Phenols and Antioxidant Activity of *Phoenix theophrasti* Fruits Growing in Crete, Greece. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64: 52-61.

- Mert, A., Kırac, A., 2017. Isparta-Sütçüler yöresinde Anatololacerta danfordi (Günter, 1876)'nin habitat uygunluk haritalaması. Bilge International Journal of ScienceTechnology Research, 1: 16-22.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature, 463: 747-756.
- Niamouris, K., Psirofonia, P., 2012. First report of Paysandisia archon on Phoenix theophrasti. Entomologia Hellenica, 21: 74-76.
- Özdamar, K., Dinçer, K.S., 1987 Bilgisayarla İstatistik Değerlendirme ve Veri Analizi, Bilim Teknik Kitabevi, İstanbul.
- Palmpedia, 2019. Phoenix theophrasti - Palmpedia - Palm Grower's Guide. [https://www.palmpedia.net/wiki/Phoenix\\_theophrasti](https://www.palmpedia.net/wiki/Phoenix_theophrasti), Erişim:23.08.2019
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., Townsend Peterson, A., 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography, 34: 102-117.
- Phillips, S.J., 2017. A brief tutorial on MaxEnt. [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/MaxEnt/MaxEnt\\_tutorial2017.pdf](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/MaxEnt/MaxEnt_tutorial2017.pdf), Erişim: 20.08.2019.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190: 231-259.
- Phillips, S.J., Dudik, M., 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography, 31: 161-175.
- Phillips, S.J., Elith, J., 2010. POC plots: calibrating species distribution models with presence-only data. Ecology, 91: 2476-2484.
- Phitos, D., Strid, A., Snogerup, S., Greuter, W., 1995. The Red Data Book of rare and threatened plants of Greece, WWF Hellas, Athens.
- QGis, 2019. QGis 3.8 Zanzibar - A Free and Open GIS. <https://qgis.org/tr/site/forusers/download.html>, Erişim: 20.08.2019.
- Qin, A.L., Liu, B., Guo, Q.S., Bussmann, R.W., Ma, F.Q., Jian, Z.J., Xu, G.X., Pei, S.X., 2017. MaxEnt modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of Thuja sutchuenensis Franch., an extremely endangered conifer from southwestern China. Global Ecology and Conservation, 10: 139-146.
- Remya, K., Ramachandran, A., Jayakumar, S., 2015. Predicting the current and future suitable habitat distribution of Myristica dactyloides Gaertn. Using MaxEnt model in the Eastern Ghats, India. Ecological Engineering, 82: 184-188.
- Sarikaya, O., Karaceylan, I.B., Sen, I., 2018. Maximum entropy modeling (MaxEnt) of current and future distributions of Ips mannsfeldi (Wachtl, 1879) (Curculionidae: Scolytinae) in Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, 16: 2527-2535.
- Sérgio, C., Figueira, R., Draper, D., Menezes, R., Sousa, A.J. 2007. Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. Biological Conservation, 135(3): 341-35.
- Shcheglovitova, M., Anderson, R.P., 2013. Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. Ecological Modelling, 269: 9-17.
- Süel, H., 2014. Isparta-Sütçüler yöresinde av türlerinin habitat uygunluk modellemesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M.T., Prentice, I. C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102: 8245-8250.
- Tittensor, D.P., Baco, A.R., Brewin, P.E., Clark, M. R., Consalvey, M., Hall-Spencer, J., Rowden, A.A., Schlacher, T., Stocks, K.I., Rogers, A.D. 2009. Predicting global habitat suitability for stony corals on seamounts. Journal of Biogeography, 36(6): 1111-1128.
- Tsakiri, M., Kougioumoutzis, K., Iatrou, G., 2016. Contribution to the vascular flora of Chalki Island (East Aegean, Greece) and bio-monitoring of a local endemic taxon. Willdenowia, 46: 175-190.
- Tsoar, A., Allouche, O., Steinitz, O., Rotem, D., Kadmon, R. 2007. A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. Diversity and Distributions, 13(4): 397-405.
- Türkes, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. İklim Değişikliği ve Çevre, 1: 26-37.
- Vardareli, N., 2012. Datça hurması (*Phoenix theophrasti*) populasyonlarındaki genetik çeşitliliğin SSR belirteçleriyle saptanması ve türün diğer palmiye türleri ile ilişkisinin ortaya konulması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü - Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla.
- Vardareli, N., Dogaroglu, T., Dogac, E., Taskin, V., Taskin, B.G., 2019. Genetic characterization of tertiary relict endemic Phoenix theophrasti populations in Turkey and phylogenetic relations of the species with other palm species revealed by SSR markers. Plant Systematics and Evolution, 305: 415-429.
- Wang, Y., Xie, B., Wan, F., Xiao, Q., Dai, L., 2007a. Application of ROC curve analysis in evaluating the performance of alien species potential distribution models. Biodivers. Sci., 15(4):365-372
- Wang, Y., Xie, B., Wan, F., Xiao, Q., Dai, L., 2007b. The potential geographic distribution of Radopholus similis in China. Agricultural Sciences in China, 6: 1444-1449.
- Ward, D.F., 2007. Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand. Biological Invasions, 9: 723-735.
- Wei, B., Wang, R.L., Hou, K., Wang, X.Y., Wu, W., 2018. Predicting the current and future cultivation regions of Carthamus tinctorius L. using MaxEnt model under climate change in China. Global Ecology and Conservation, 16:
- Williams, J.N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J.K., Erwin, S., O'Brien, J.M., Schwartz, M.W., 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. Diversity and Distributions, 15(4): 565-576.
- Wollan, A.K., Bakkestuen, V., Kausrud, H., Gulden, G., Halvorsen, R., 2008. Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. Journal of Biogeography, 35(12): 2298-2310.
- WorldClim, 2019. WorldClim - Global Climate Data. [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), Erişim: 20.08.2019.
- Yi, Y.J., Cheng, X., Yang, Z.F., Zhang, S.H., 2016. MaxEnt modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia* Lour) in Yunnan, China. Ecological Engineering, 92: 260-269.
- Yuan, H.S., Wei, Y.L., Wang, X.G., 2015. MaxEnt modeling for predicting the potential distribution of Sanghuang, an important group of medicinal fungi in China. Fungal Ecology, 17: 140-145.
- Zhang, K.L., Yao, L.J., Meng, J.S., Tao, J., 2018. MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change. Science of the Total Environment, 634: 1326-1334.