

Türkiye'deki *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) (Insecta: Odonata) Alttürlerinin Ekolojik Niş Modellemesi

Ali MİROĞLU*¹, Sadık DEMİRTAŞ²

¹Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, 52200, Ordu

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 55105, Samsun

(Alınış / Received: 30.11.2016, Kabul / Accepted: 23.03.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 10.05.2017)

Anahtar Kelimeler

Calopteryx splendens,
Alttür,
Ekolojik niş,
MaxEnt,
Türkiye

Özet: Türkiye coğrafik konumu, topografik yapısı, çeşitli iklim tiplerini bulundurması nedeniyle biyolojik çeşitlilik açısından önemli bir bölgedir. Türleşme ve alt populasyonların oluşumlarına rastlanmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de yayılış gösteren *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) türüne ait olan morfolojik olarak tanımlanmış alttürlerin, 19 ekolojik faktörün analizi neticesinde farklı lokasyonlarda aynı koşulları sağlayabilen potansiyel dağılım alanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. *C. splendens* alttürlerin günümüzdeki dağılım haritaları MaxEnt ekolojik niş modelleme yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Bu sonuçlara göre, faunistik verilere göre dağılımları bilinen *C. splendens* alttürlerin yayılış alanlarının ekolojik verilerle ortaya konan dağılım alanlarıyla hemen hemen örtüştüğü tespit edilmiştir.

Ecological niche modeling of *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) (Insecta: Odonata) subspecies in Turkey

Keywords

Calopteryx splendens,
Subspecies,
Ecological niche,
MaxEnt,
Turkey

Abstract: Turkey is an important region in terms of biodiversity because of its geographical location, topographical structure and the presence of various climate types. The emergence of new species and subpopulations can be seen. In this study, we evaluated subspecies of *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) distributed in Turkey. 19 ecological parameters of the current known localities of these subspecies were analyzed. The potential habitats and new locations for the subspecies populations were investigated. Current distribution maps of *C. splendens* subspecies have been made using MaxEnt ecological niche modeling methods. According to these results, it was found that the distribution areas of *C. splendens* subspecies, whose distributions according to faunistic data are known, almost overlapped with the distribution areas of ecological data.

1. Giriş

Calopteryx splendens (Harris, 1782) Avrupa'nın geniş bir bölümünde, Sibirya'dan Orta Asya'ya kadar geniş bir coğrafyada yayılış göstermekte olup [1], Türkiye'de morfolojik olarak erkeklerin kanatlarının genel görünüşü ve beneklenme durumuna göre ayırt edilen dört alttür ile temsil edilmektedir [2]. Bu alttürlerden *C. s. waterstoni* Schneider, 1984 sadece Doğu Karadeniz bölgesinde, *C. s. tschaldirica* Barteneff, 1909 Kuzeydoğu Anadolu bölgesinde, *C. s. intermedia* Selys, 1890 Akdeniz Bölgesinin kıyı kesimleri ile Doğu Anadolu Bölgesinde, *C. s. amasina* Barteneff, 1912 Türkiye'nin diğer alanlarında yayılış gösterir [2,3]. Geleneksel olarak alttür ayırımı, erkeklerin kanatlarında bulunan ve olgunlaşmanın

tamamlanması ile sabit hale gelen kanat pigmentasyonunun kanatlardaki yerleşimine ve çiftleşme davranışlarına dayanılarak yapılmaktadır [1,4]. Bu pigmentasyonun önemi taksonomik olarak alttürlerin sınırlarının belirlenmesinde yeterli olmayıp, doğada bu özellik yönünden klinleşmeler de mevcuttur [5]. Bu pigmentleşmenin ayrıca eşeyssel seçilimle ve alttürlerin ekolojik isteklerine bağlı olarak değişebildiğini işaret eden çalışmalar da bulunmaktadır [6,7]. Kanatlardaki bu değişikliğin ana nedeni melanin pigmentasyonu olsa da güneşin ve termoregülasyonun bu farklılıklarda önemli rol oynadığı da gösterilmiştir [8,9].

Tür ya da alttürlerin coğrafi dağılımlarının bilinmesi, evrim, ekoloji ve taksonomi gibi biyolojinin farklı

alanlarında yapılan çalışmalarda oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca farklı iklimsel koşullarda tür/alttürlerin dağılımında hangi ekolojik parametrelerin önemli olduğunun ortaya konulması taksonların koruma biyolojilerinin belirlenmesinde de son derece önemlidir [10]. Bu çalışmaların temelinde ekolojik niş modelleme çalışmaları yatmaktadır. Bu modeller geçmiş dönemlerle, günümüzü ve gelecekte meydana gelebilecek değişimleri değerlendirerek tür/alttür korumacılığında ve biyolojik çeşitliliğin yoğun olduğu alanların belirlenmesinde sıklıkla kullanılmakta ve çok faydalı bilgiler sağlamaktadır [10-12].

Tür dağılım modelleme (TDM) yeryüzünde biyolojik çeşitliliğin nasıl dağıldığının anlaşılması için son yıllarda yaygın bir araç haline gelmiştir [13-18]. TDM'nin amacı, iklim, vejetasyon ve toprak gibi çevresel veriler ile birlikte lokalite bilgisini de kullanarak bir türün coğrafi bir alan üzerinde bulunabilme olasılığını tahmin eden bir model üretmektir. Modelleme tekniği koruma planlamacılığı, türlerin varlığı ve kolonizasyonu ile filocoğrafik örüntülerin anlaşılabilmesi gibi konularda her geçen gün sıklıkla kullanılmaktadır [19-22].

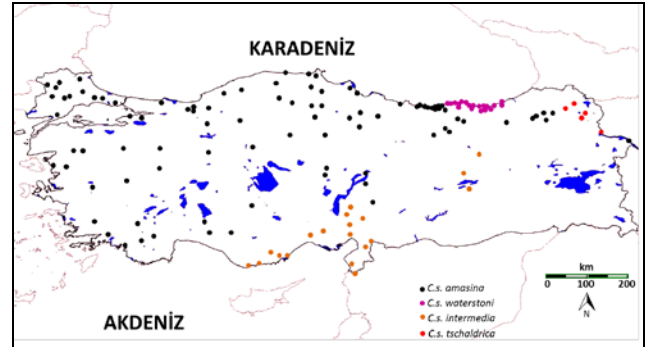
Türkiye'de de son zamanlarda modelleme temelli ekolojik çalışmalara [11, 23-26] başlanmış olsa da bunların sayısı oldukça azdır. Bu nedenle Türkiye'de farklı taksonlarla ilgili ekolojik niş modelleme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada alttürlerin bulunma kayıtlarını, CBS (coğrafi bilgi sistemi) ve biyoiklimsel verileri Maksimum Entropi Dağılım Modelleme yaklaşımını [27] kullanarak Türkiye'deki *C. splendens* alttürleri için en uygun dağılım alanlarının belirlenmesi, dağılım alanları arasındaki ekolojik farklılıkların hangi iklimsel parametrelerden kaynaklandığının ve faunistik verilere göre dağılımları bilinen alttürlerin ekolojik verilerle de benzer dağılımları gösterip göstermediğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada erkek bireylerin kanat morfolojisine dayalı olarak tanımlanmış 24 farklı lokaliteden *C. s. waterstoni*, 5 farklı lokaliteden *C. s. tschaldirica*, 21 farklı lokaliteden *C. s. intermedia* ve 91 farklı lokaliteden *C. s. amasina* kaydı kullanılmıştır (Tablo 1). Çalışmada, arazi çalışması yapılan lokaliteler ve konuyla ilgili bazı araştırmacıların literatür kayıtları [28-34] değerlendirilmiş ve analizler bu lokalitelere göre yapılmıştır (Şekil 1). Lokaliteler, Google Earth versiyon 7.1'de (<http://www.google.com/earth>) tek tek kontrol edilerek kayıtlar yeniden gözden geçirilmiştir.

Örneklerin buldukları alanlara ait coğrafi koordinatlar her bir alttür için, 19 biyoiklimsel parametreden meydana gelen 2,5 dakika çözünürlükteki günümüz biyoklimatik değişkenler

(1950-2000) (<http://www.worldclim.org/bioclim>) göz önüne alınarak MAXENT versiyon 3.3.3k (<https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) [27,35,36] ekolojik niş modelleme programına aktarılmış ve 19 iklimsel değişken (Ek A) ile birlikte analiz edilmiştir. Çalışmada, otokorelasyon durumunun meydana gelmesini önlemek amacıyla lokaliteler arası mesafenin 10 km.den az olmamasına dikkat edilmiş [37,38], bunun için çok yakın (örneğin komşu köyler) alan/lar varsa rastgele bir tanesi değerlendirmeye alınmıştır. Modelleme, Türkiye'nin coğrafi ülke sınırları göz önüne alınarak 35°-43° kuzey paralelleri ile 26°-46° doğu meridyenleri arasında kalan alan ile sınırlandırılmıştır. Veriler işlenirken ArcGIS versiyon 10. (<http://www.esri.com>) ve DIVA-GIS versiyon 7.5 (<http://www.diva-gis.org/>) [39] paket programları kullanılmış ve alınan her bir lokaliteye ait GPS koordinatı her alttür için harita üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Harita üzerinde gösterilen kırmızıdan yeşile kadar olan renk skalası alttürlerin ekolojik olarak en uyumlu olduğu yerleri belirtir. Buna göre, kırmızı bulunabileceği en uygun yer iken, yeşil bulunma olasılığının düşük olduğu anlamına gelir. Harita üzerindeki koyu yeşil alanlar ise hayvan için uygun bir ekolojik ortamın olmadığını işaret etmektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan örneklerin bulunduğu lokaliteler

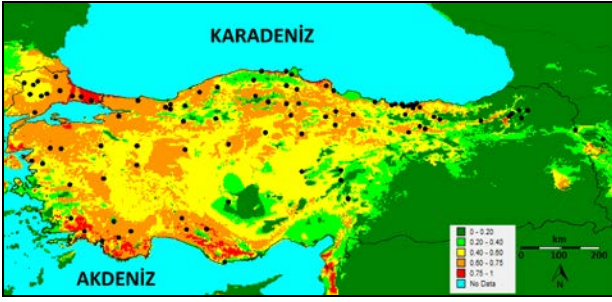
Tablo 1: Çalışmada kullanılan örnekler ve lokaliteleri

Takson	Lokaliteler
<i>Calopteryx splendens waterstoni</i>	Giresun (31), Rize (31), Trabzon (31,34)
<i>Calopteryx splendens intermedia</i>	Adana (32), Elazığ, Hatay (32), Kahramanmaraş (32), Mersin (32), Osmaniye (32), Tunceli
<i>Calopteryx splendens tschaldirica</i>	Ardahan, Kars, Iğdır
<i>Calopteryx splendens amasina</i>	Amasya, Antalya, Balıkesir, Bartın (30), Bolu (30), Bursa, Çanakkale, Çankırı (30), Çorum (33), Denizli, Düzce (30), Edirne (28), Erzurum (31), Eskişehir, Giresun (31), Gümüşhane (31), Iğdır, İstanbul (28), İzmir, Kastamonu (30), Kayseri, Kırklareli (28), Kocaeli, Konya, Kütahya, Manisa, Muğla, Ordu, Samsun, Sinop (30), Sivas (31), Tekirdağ (28), Tokat, Uşak, Yalova (29), Yozgat, Zonguldak

Ayrıca her bir alttürün biyoiklimsel parametrelerin hangisi/hangilerinden en fazla etkilendiği belirlenmiş böylece alttürlerin dağılımında ve bölgesel ayrımında bu parametrelerin önemi ortaya konulmuştur. Ekolojik niş modellemenin başarısını gösteren AUC (Area Under Curve) değerleri (AUC>0,5) ise modellemenin başarılı olduğunu gösterir [40].

3. Bulgular

Çalışmada Türkiye'de *C. splendens* türüne ait her bir alttür için MAXENT ile potansiyel coğrafi dağılımı haritası oluşturulmuş ve tespit edilen örnekler ait lokaliteler harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2-5). Ayrıca her bir alttür için AUC değeri ve iklimsel değişkenlerin yüzde önemi Ek B'de ayrıntılı olarak verilmektedir. Buna göre, alttürlerin sıcaklık ve nemlilik parametrelerinden son derece etkilendiği, özellikle mevsimsel olarak bu parametre değerlerine bağlı olarak yayılış gösterdikleri tespit edilmiştir.



Şekil 2. Türkiye'deki *C. s. amasina* alttürünün Ekolojik Niş Modeline göre potansiyel coğrafi dağılımı. Harita üzerindeki siyah noktalar örneklerin coğrafi koordinatlarını ifade etmektedir.

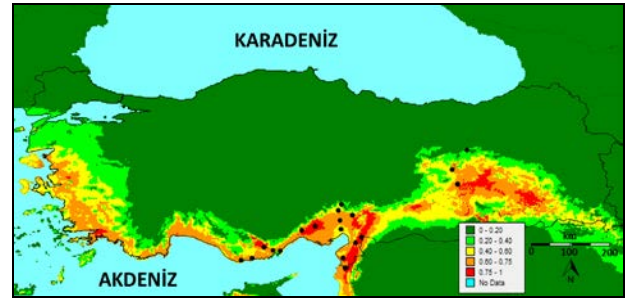
C. s. amasina alttürüne ait veri analizleri sonucunda training data değerinin AUC>0,5'in üzerinde olması (AUC=0,994) modellemenin yüksek olasılıkla doğruluğunu işaret etmektedir. İklimsel değişkenlerin dağılıma etkisi incelendiğinde izotermalliğin (bio_3) %22,3 ve en kurak mevsimin ortalama sıcaklığının (bio_9) %15,9 ile en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (diğer yüzde değerleri için bkz. Ek B). Alttürün tespit edildiği lokalitelerden ve oluşturulan potansiyel coğrafi dağılım haritasından da anlaşılacağı gibi alttürün dağılımında sıcaklığın en büyük etken olduğu söylenebilir.

C. s. waterstoni alttürüne ait veri analizleri sonucunda training data değerinin AUC>0,5'in üzerinde olması (AUC=0,999) modellemenin yüksek olasılıkla doğruluğunu işaret etmektedir. İklimsel değişkenlerin dağılıma etkisi incelendiğinde en kurak mevsimin yağış miktarının (bio_17) %22,9 ve en kurak mevsimin ortalama sıcaklığının (bio_9) %18,0 ile en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (diğer yüzde değerleri için bkz. Ek B). Bu veriler bu alttürün dağılımından en önemli etkenin en kurak mevsimdeki yağış ve sıcaklık miktarı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum hayvanın yayılışında

özellikle yaz aylarındaki nemlilik ve sıcaklığın son derece önemli iki faktör olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 3. Türkiye'deki *C. s. waterstoni* alttürünün Ekolojik Niş Modeline göre potansiyel coğrafi dağılımı. Harita üzerindeki siyah noktalar örneklerin coğrafi koordinatlarını ifade etmektedir.



Şekil 4. Türkiye'deki *C. s. intermedia* alttürünün Ekolojik Niş Modeline göre potansiyel coğrafi dağılımı. Harita üzerindeki siyah noktalar örneklerin coğrafi koordinatlarını ifade etmektedir.

C. s. intermedia alttürüne ait veri analizleri sonucunda training data değerinin AUC>0,5'in üzerinde olması (AUC=0,998) modellemenin yüksek olasılıkla doğruluğunu işaret etmektedir. İklimsel değişkenlerin dağılıma etkisi incelendiğinde en soğuk mevsimin yağış miktarının (bio_19) %40,2 ve en sıcak mevsimin yağış miktarının (bio_18) %38,9 ile en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (diğer yüzde değerleri için bkz. Ek B). Bu değerler alttürün dağılımından en önemli etkenin en sıcak ve en soğuk mevsimlerdeki yağış miktarı olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 5. Türkiye'deki *C. s. tschaldirica* alttürünün Ekolojik Niş Modeline göre potansiyel coğrafi dağılımı. Harita üzerindeki siyah noktalar örneklerin coğrafi koordinatlarını ifade etmektedir.

C. s. tschaldirica alttürüne ait veri analizleri sonucunda training data değerinin AUC>0,5'in üzerinde olması (AUC=0,981) modellemenin yüksek olasılıkla doğruluğunu işaret etmektedir. İklimsel

değişkenlerin dağılıma etkisi incelendiğinde izotermalliğin (bio_3) %29,1 ve günlük ortalama değişim aralığının (bio_2) %27,8 ile en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (diğer yüzde değerleri için bkz. Ek B). Değerler alttürün dağılımından en önemli etkenin izotermallik ve günlük ortalama değişim aralığı olduğunu gösterse de, lokalite sayısının çok az ve dar bir alanda olmasının bu sonuca etki ettiği düşünülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

C. splendens Avrupa'da geniş bir yayılıma sahip bir takson olup, çok sayıda alttürle temsil edilmekte ve ülkemizde de hemen hemen tüm coğrafi bölgelerde görülmektedir. Türkiye'nin coğrafi konumu itibarıyla 3 farklı iklim tipini göstermesi ve farklı mikroklimatik alanlara sahip olmasının da bu yayılış ve çeşitlilikte büyük payı vardır. Yapılan bu ve benzer iklimsel modelleme çalışmaları bu durumu desteklemektedir. Modelleme sonuçlarına göre alttürlerin dağılımını belirleyen en büyük etkenin yaz sıcaklığı olduğu görülmesine rağmen her bir alttürün dağılımında bazı parametrelerin daha fazla ön plana çıktığı saptanmıştır. Bio_19 parametresi (en soğuk mevsimin yağış miktarı) tüm alttürlerin dağılımında önemli bir role sahiptir. Diğer alt türlere göre çok daha yüksek rakımda yayılış gösteren *C. s. tschaldirica*, diğer alt türlerin etkilendiği ekolojik parametrelerden biraz daha farklılık göstermektedir. Bunun en önemli sebebi yükseklik olduğu kadar, bölgede bu alttüre ait bilinen lokalite sayısının da az olması olabilir. Kaydedilen lokalite sayısının az olmasının temel nedeni ise bölgedeki akarsu su kaynaklarının çok sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Lokalite sayısının az olmasındaki bir diğer neden ise bu alttürün Türkiye de çok dar alanda yayılış göstermesidir. *C. s. amasina* ve *C. s. waterstoni*'ye ait kullanılan lokaliteler ise alttürlerin hemen hemen tüm dağılım alanını temsil etmektedir. *C. s. intermedia*'nin doğu ve güneydoğu Anadolu'daki kayıtları yetersiz olsa da Akdeniz bölgesindeki popülasyonlarına ait lokaliteler fazla sayıdadır. Bu durum modelleme dağılımını etkilemiş olsa da ortaya çıkan modelleme haritası bilinen kadarıyla alttürün yayılış alanını işaret etmektedir. Tüm modelleme sonuçları ise Türkiye'nin genelinde *C. splendens* popülasyonlarının varlığını işaret etmektedir. Ancak özellikle kayıt sayısının da az olması nedeniyle Van gölü çevresi ile Suriye-Irak sınırındaki alttürlerin varlığı ve yoğunlu ile ilgili belirsizlik devam etmektedir. İleride yapılacak taksonomik ve ekolojik çalışmaların bu durumu netleştirebileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre *C. s. amasina*, *C. s. waterstoni*'nin yayılış alanının büyük bir kısmında yayılış gösterebilen potansiyeline sahip görülmektedir. Benzer şekilde de *C. s. waterstoni* mevcut dağılım alanı olmasa da *C. s. amasina*'nın yayılış gösterdiği özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nin batı kısımlarında yayılış gösterme

potansiyeline sahiptir (bu alanlar dağılım haritalarında turuncu renk ile görülmektedir). Aslında bu durum şaşırtıcı değil, arazi gözlemleriyle de kısmen desteklenmektedir. Bu iki alttür arasında erkeklerdeki kanat desenlenmesi yönünden Giresun/Görece'de bir hibritleşme durumunun varlığı bilinmektedir [41]. Hibrit görülen alanlara ait lokaliteler modellemede yanlış sonuçlar verebileceği için bu çalışmada kullanılmamıştır. Her ne kadar hibritleşme iki alttürün yayılımı için bir bariyer oluşturuyor gibi görünse de modelleme sonuçlarına göre *C. s. waterstoni*'nin dağılımındaki en önemli değişkenin en kurak mevsimin yağış miktarı (bio_17), *C. s. amasina* için ise izotermallik (bio_3) olduğu görülmektedir. Diğer parametreler ise birbiri ile kısmen yakındır. Bu yakınlığın en önemli sebebi ise *C. s. amasina*'nın Doğu Karadeniz hariç Karadeniz bölgesinin diğer kısımlarında yayılış göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Benzer durum *C. s. amasina* ile *C. s. intermedia* arasında da görülmektedir. Sonuçlara göre *C. s. amasina* tüm Akdeniz havzasında potansiyel bir dağılıma sahipken, *C. s. intermedia* Akdeniz ve Ege kıyı şeridine yakın alanlarda potansiyel dağılım göstermektedir. İki alttür arasında özellikle Antalya ve Muğla kıyı şeritlerinde kanat desenlenmesi yönünden *C. s. amasina* ve *C. s. waterstoni* arasındaki duruma benzer bir hibritleşmenin olması muhtemeldir (arazi çalışması esnasındaki gözlemlerimize dayanarak). Burada *C. s. amasina*'nın yayılışını sınırlayan en büyük etkenin Anadolu Diyagoneli olabileceği görülmektedir. Oysaki *C. s. intermedia* diyagonelin her iki tarafında da yayılış gösterebilmektedir. Benzer yayılışlar farklı böcek türlerinde de bilinmektedir [42, 43]. Yapılan modellemede *C. s. intermedia* için en sıcak ve en soğuk mevsimin yağış miktarı (bio_18 ve bio_19) alttürün dağılımını etkileyen başlıca değişkenlerken, *C. s. amasina* için izotermallik (bio_3) ve en kurak mevsimin ortalama sıcaklığı (bio_9) ön plandadır.

C. s. tschaldirica Türkiye'de dar bir yayılış alanına sahiptir. Kars çayı etrafında *C. s. amasina* ile hibritleşmelerin olduğu gösterilmiştir [41]. Benzer şekilde modelleme sonuçları da bu iki alttürün Kars ve Iğdır civarındaki akarsularda hibritleşme olasılığının olduğunu işaret etmektedir.

Türkiye'de *C. splendens* türüne ait her bir alttür için oluşturulmuş potansiyel coğrafi dağılım haritaları (Şekil 2-5) incelendiğinde; faunistik verilere göre dağılımları bilinen alttürlerin yayılış alanlarının bu coğrafi dağılım alanları ile hemen hemen örtüştüğü ortaya konmuştur. Faunistik verilerin haricinde bir dağılım haritasının oluşmadığı görülmektedir. Yani ekolojik veriler *C. splendens* alttürlerinin dağılımını hemen hemen destekler pozisyonda olmaktadır.

Türkiye 3 kıtanın kesişme yerinde olması, Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan köprü olarak işlev görmesi, eşsiz bir tektonik ve jeolojik tarihi olmasıyla

kazandığı topografik yapı ve makro ve mikroklimatik alanlar içeren ikliminin bulunmasıyla birçok canlı grubunda tür ve alttür çeşitliliği açısından son derece zengindir [23, 43, 44]. Bu zenginlik her ne kadar taksonomik bir takım çalışmalarla belirlenmeye çalışılsa da, tür ve özellikle alttürlerin dağılım alanlarının daha keskin sınırlarla belirlenmesi ve türlerin ekolojik isteklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır [45,46]. Bilgisayar teknolojisinin kullanılmaya başlanması ve yeni ekolojik niş modelleme programlarının ortaya konulması birçok tür/alttürün (özellikle dağılım alanı net belirlenememiş) dağılım sınırlarının da belirlenmesine yardımcı olacağı gibi, taksonların ekolojik isteklerinin de belirlenmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu grupta ve diğer böcek gruplarında çok fazla sayıda çalışma yapılması, hem taksonomik çalışmaların daha sistemli ve hızlı bir şekilde planlanmasını sağlarken hem de taksonların ayrıntılı bir şekilde ekolojik isteklerinin ve hoşgörülüklerinin de tespit edilmesine katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Tübitak 112T617 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Mertens, J., De Coster, W., De Mayer, H., Dumont, H.J. 1992. A method for the quantitative analysis of wing spots applied to two populations of *Calopteryx splendens* (Harris) (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 21 (4), 443-451.
- [2] Kalkman, V.J. 2006. Key to the dragonflies of Turkey, Including species known from Greece, Bulgaria, Lebanon, Syria, the Trans-Caucasus and Iran. *Brachytron*, 10 (1), 3-82.
- [3] Demirsoy, A. 2002. Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası, Beşinci Baskı. Meteksan, Ankara, ss 327-348.
- [4] Dumont, H.J., Vanfletern, J.R., De Jonckheere, J.F., Weekers, P.H.H. 2005. Phylogenetic relationships, divergence time estimation, and global biogeographic patterns of calopterygoid damselflies (Odonata, Zygoptera) inferred from ribosomal DNA sequences. *Systematic Biology*, 54 (3), 347-362.
- [5] Dumont, H. J., Mertens, J., De Coster, W. 1993. The *Calopteryx splendens*-cline in Southwest France, analysed by quantitative wingspot analysis. *Odonatologica*, 22 (3), 345-351.
- [6] Hassall, C. 2014. Continental variation in wing pigmentation in Calopteryx damselflies is related to the presence of heterospecifics. PeerJ PrePrints doi: 2: e316v1 <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.316v1>.
- [7] Svensson, E. I., Waller, J.T. 2013. Ecology and Sexual Selection: Evolution of Wing Pigmentation in Calopterygid Damselflies in Relation to Latitude, Sexual Dimorphism, and Speciation. *The American Naturalist*, 182(5), E174-95.
- [8] Kingsolver, J.G., Koehl M. 1985. Aerodynamics, thermoregulation, and the evolution of insect wings: differential scaling and evolutionary change. *Evolution*, 39 (3), 488-504.
- [9] Watt, W. B. 1968. Adaptive significance of pigment polymorphisms in Colias butterflies. I. Variation of melanin pigment in relation to thermoregulation. *Evolution*, 22 (3), 437-458.
- [10] Graham, C.H., Ron, S.R., Santos, J.C., Schneider, C.J., Moritz C. 2004. Integrating Phylogenetics And Environmental Niche Models To Explore Speciation Mechanisms In Dendrobatid Frogs. *Evolution*, 58 (8), 1781-1793.
- [11] Gür, H. 2013. The effects of the Late Quaternary glacial-interglacial cycles on Anatolian ground squirrels: range expansion during the glacial periods?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 109 (1), 19-32.
- [12] Nogues-Bravo, D. 2009. Predicting the past distribution of species climatic niches. *Global Ecology and Biogeography*, 18 (5), 521-531.
- [13] Peterson, A.T, Sanchez-Cordero, V., Beard, C.B., Ramsey, J.M. 2002. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 8 (7), 662-667.
- [14] Guisan, A., Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8 (9), 993-1009.
- [15] Wiens, J.J., Graham, C.H. 2005. Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36, 519-539.
- [16] Elith, J. ve ark. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29 (2), 129-151.
- [17] Peterson, A.T. 2006. Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*, 3, 59-72.
- [18] VanDerWal, J., Shoo, L.P., Johnson, C.N., Williams, S.E. 2009. Abundance and the environmental niche: environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abundance. *The American Naturalist*, 174 (2), 282-291.
- [19] Peterson, A.T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The Quarterly Review of Biology*, 78 (4), 419-433.

- [20] Peterson, A.T., Robins, C.R. 2003. Using ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology*, 17 (4), 1161-1165.
- [21] Rödder, D., Weinsheimer, F., Lötters, S. 2010. Molecules meet macroecology: Combining species distribution models and phylogeographic studies. *Zootaxa*, 60, 54-60.
- [22] Sergio, G.C., Soto-Centeno, A.J., Reed, D.L. 2011. Population distribution models: species distributions are better modeled using biologically relevant data partitions. *BMC Ecology*, 11 (1), 20.
- [23] Gül, S., Kumlutaş, Y., Ilgaz, Ç. 2015. Climatic preferences and distribution of 6 evolutionary lineages of *Typhlops vermicularis* Merrem, 1820 in Turkey using ecological niche modeling. *Turkish Journal of Zoology*, 39, 235-243.
- [24] Abolafya, M., Onmuş, O., Şekercioğlu, Ç.H., Bilgin, R. 2013. Using citizen science data to model the distributions of common songbirds of Turkey under different global climatic change scenarios. *PLoS ONE*, 8 (7), e68037.
- [25] Per, S., Erciyas Yavuz, K., Demirtaş, S. 2015. Karabaşlı çinte (*Emberiza melanocephala* Scopoli, 1769)'nin ekolojik niş modeli ve Türkiye'deki durumu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31 (2), 89-96.
- [26] Karacaoğlu, Ç. 2013. *Isophya rizeensis* (Orthoptera:Tettigoniidae) türünün ekolojik niş modellemesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 133s, Ankara.
- [27] Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190 (3-4), 231-259.
- [28] Hacet, N., Aktaş, N. 2004. Considerations on the Odonate Fauna of Turkish Thrace, with Some Taxonomic Notes. *Odonatologica*, 33 (3), 253-270.
- [29] Hacet, N., Aktaş, N. 2009. Contribution to the knowledge of Odonata fauna of Southern Marmara Region of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 33 (3), 171-178.
- [30] Hacet, N. 2009. Odonata of the Western Black Sea Region of Turkey, with Taxonomic Notes and Species List of the Region. *Odonatologica*, 38 (4), 293-306.
- [31] Miroğlu, A., Kartal, V., Salur, A. 2011. Odonata of the Eastern Black Sea Region of Turkey, with Some Taxonomic Notes. *Odonatologica*, 40 (2), 105-122.
- [32] Salur, A., Kiyak S. 2006. Additional Records for the Odonata Fauna of East Mediterranean Region of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 1 (2), 239-252.
- [33] Salur, A., Mesci, S. 2007. Additional Records for the Odonata Fauna of Çorum Province (Turkey). *Munis Entomology & Zoology*, 2 (1), 169-170.
- [34] Schneider, W. 1984 Description of *Calopteryx waterstoni* spec.nov. from Northeastern Turkey (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 13 (2), 281-286.
- [35] Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, ACM Press, Newyork, 655-662.
- [36] Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 (1), 43-57.
- [37] Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M., Anderson, R. P. 2014. Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling*, 275, 73-77.
- [38] Varela, S., Anderson, R. P., Valdes, R. G., Gonzalez, F. F. 2014. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. *Ecography*, 37, 1084-1091.
- [39] Hijmans, R.J., Guarino, L., Mathur, P. 2012. DIVA GIS Version 7.5 Manual. [Online]. http://www.diva-gis.org/docs/DIVA_GIS_manual_7.pdf.
- [40] Phillips, S.J. 2010. A brief tutorial on Maxent. *Lessons in Conservation*, 3, 107-135.
- [41] Dumont, H. J., Demirsoy, A., Verschuren, D. 1987. Breaking the Calopteryx-Bottleneck: Taxonomy and Range of *Calopteryx splendens waterstoni* Schneider, 1984 and of *C.splendens tschaldirica* Bartenef, 1909 (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 16 (3), 239-247.
- [42] Çıplak, B., Demirsoy, A., Bozcuk, A. N. 1993. Distribution of Orthoptera in relation to the Anatolian Diagonal in Turkey. *Articulata*, 8, 1-20.
- [43] Çıplak, B. 2003. Distribution of Tettigoniinae (Orthoptera, Tettigoniidae) bush-crickets in Turkey: the importance of the Anatolian Taurus Mountains in biodiversity and implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 12, 47-64
- [44] Şekercioğlu, C.H. ve ark. 2011. Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation*, 144, 2752-2769.
- [45] Bush A.A., Nipperess, D.A., Duursma, D.E., Theischinge, G., Turak, E., Hughes, L. 2014. Continental-Scale Assessment of Risk to the

Australian Odonata from Climate Change, Plos-One, 9(2), e88958.

- [46] Finch, J.M., Samways, M.J., Hill, T.R., Piper, S.E., Taylor, S. 2006. Application of predictive distribution modelling to invertebrates: Odonata in South Africa. *Biodiversity and Conservation*, 15 (3), 4239-4251.

Ekler

Ek A. Çalışmada kullanılan iklimsel değişkenler

bio_1	Yıllık ortalama sıcaklık
bio_2	Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık sıcaklık (en yüksek-en düşük))
bio_3	İzotermallik
bio_4	Mevsimsel sıcaklık
bio_5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı
bio_6	En soğuk ayın en az sıcaklığı
bio_7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı
bio_8	En nemli mevsimin ortalama sıcaklığı
bio_9	En kurak mevsimin ortalama sıcaklığı
bio_10	En sıcak mevsimin ortalama sıcaklığı
bio_11	En soğuk mevsimin ortalama sıcaklığı
bio_12	Yıllık yağış miktarı
bio_13	En nemli mevsimin yağış miktarı
bio_14	En kurak mevsimin yağış miktarı
bio_15	Mevsimsel yağış miktarı
bio_16	En nemli mevsimin yağış miktarı
bio_17	En kurak mevsimin yağış miktarı
bio_18	En sıcak mevsimin yağış miktarı
bio_19	En soğuk mevsimin yağış miktarı

Ek B. Her bir alttür için AUC (Area Under Curve) değeri ve iklimsel değişkenlerin yüzde önemi

C.s. amasina

Training data (AUC=0,994)

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio_3	22.3	3.6
bio_9	15.9	8.7
bio_19	11.7	8.9
bio_8	11	2.3
bio_12	6	18.3
bio_4	6	20.7
bio_18	5.8	0.9
bio_11	4.3	3
bio_7	3.8	9.6
bio_1	3.8	1.3
bio_5	2.4	0.6
bio_17	2.2	1.4
bio_15	1.5	7.6
bio_2	1.3	1.1
bio_10	1.1	0.6
bio_14	0.5	9.3
bio_13	0.4	2.1
bio_6	0	0
bio_16	0	0

C.s.intermedia

Training data (AUC=0,998)

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio_19	40.2	0.3
bio_18	38.9	3.1
bio_4	7.6	0.1
bio_14	4.3	0
bio_9	3	90.9
bio_12	2.7	4.1
bio_17	1.5	0
bio_2	1	0
bio_5	0.5	0
bio_3	0.3	0.4
bio_8	0.1	1.1
bio_1	0	0
bio_15	0	0
bio_7	0	0
bio_13	0	0
bio_6	0	0
bio_11	0	0
bio_10	0	0
bio_16	0	0

C.s.waterstoni

Training data (AUC=0,999)

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio_17	22.9	0.1
bio_9	18	3
bio_19	15.1	0
bio_4	11.5	0
bio_2	10.8	0.2
bio_8	7.4	3.2
bio_10	6.3	11.9
bio_15	5	1.4
bio_5	1.5	32.2
bio_3	0.7	16.1
bio_6	0.6	1.7
bio_1	0.3	30.3
bio_11	0.1	0
bio_14	0	0
bio_13	0	0
bio_12	0	0
bio_18	0	0
bio_7	0	0
bio_16	0	0

C.s.tschaldirica

Training data (AUC=0,981)

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio_3	29.1	30.7
bio_2	27.8	20.3
bio_15	17.4	1.2
bio_4	12.7	17.7
bio_19	7.9	15.2
bio_14	3.8	13
bio_13	0.9	1.5
bio_8	0.2	0.5
bio_9	0	0
bio_7	0	0
bio_6	0	0
bio_5	0	0
bio_18	0	0
bio_17	0	0
bio_16	0	0
bio_12	0	0
bio_11	0	0
bio_10	0	0
bio_1	0	0