



İklim değişikliği ve bir step hayvanı olan Anadolu yer sincabı -1

İklim değişikliği nedir, biyolojik sistemleri nasıl etkiler?

İklim, hem Dünya'da hem de Türkiye'de değişti (örneğin, sıcaklıklar arttı ve yağış örüntüleri değişti) ve değişmeye devam edecek. Bu değişim, insan faaliyetleri, özellikle de fosil yakıt kullanımı sonucu antropojenik sera gazlarının atmosferik yoğunluğundaki artış nedeniyledir.

Hakan Gür

Ahi Evran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kırşehir
hakangur.ecology@gmail.com

Bu yazıda, genel olarak iklim değişikliği, iklim değişikliğinin biyolojik sistemler üzerindeki etkisini çalışırken yaygın olarak kullanılan modelleme yaklaşımı (moleküler filocoğrafya ile birlikte ekolojik niş modellemesi) ve bu yaklaşımın nasıl kullanılabilirliğinin bir örneği olarak iklim değişikliğinin step ve alpin çayırlarda yaşayan Anadolu yer sincabını (*Spermophilus xanthoprimum*) nasıl etkilediği/ etkileyeceği üzerinde durulmuştur. Yazının genel kurgusu, özellikle gelecekte gerçekleşecek iklim değişikliğinin biyolojik sistemleri (örneğin, step alanları ve canlılarını) nasıl etkileyeceğini (geleceği) gerçekçi öngörmek için, gerçekleşen iklim değişikliğinin biyolojik sistemleri nasıl etkilediğini (geçmiş) iyi anlamak gerektiği üzerinedir.

İklim değişikliği

İklim değişikliği, doğal değişkenlik ve/veya insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak iklimin zaman boyunca değişmesidir (aksi belirtilmediği sürece, bu bölümdeki iklim değişikliği ile ilgili bilgiler, şu kaynağa dayanır: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 4. Değerlendirme Raporu, Çalışma Grubu I, Solomon et al. 2007 - bkz. ayrıca Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 5. Değerlendirme Raporu, www.ipcc.ch/index.htm). Peki, iklim değişikliğinin altında yatan nedenler (iklim değişikliğinin yönlendiricileri) nelerdir? Solar radyasyon, se-

ra gazları ve aerosollerin atmosferik yoğunluğu ve yeryüzü özelliklerindeki değişimler, iklim sisteminin enerji dengesini değiştirir. İklim sisteminin enerji dengesinin değişmesi demek, aslında iklimin değişmesi demektir.

Örneğin, iklim sisteminin enerji dengesini değiştiren etkenlerden sera gazlarının atmosferik yoğunluğundaki değişimleri inceleyelim. Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve diazotmonoksitin (N_2O) atmosferik yoğunluğu, 1750 yılından, bir diğer deyişle, sanayi devriminin başlangıcından bu yana belirgin bir şekilde artmış ve günümüzde binlerce yıla yayılan buz çekirdeklerinden belirlenen sanayi devrimi öncesi değerleri fazlasıyla geçmiştir. Örneğin, en önemli antropojenik sera gazı olan karbondioksitin atmosferik yoğunluğu, sanayi devrimi öncesindeki yaklaşık 280 ppm (milyonda parçacık) değerinden 2005 yılındaki 379 ppm değerine çıkmıştır. Karbondioksitin 2005 yılındaki atmosferik yoğunluğu, buz çekirdeklerinden belirlenen son 650 bin yıldaki doğal değişkenlik aralığının (180-300 ppm) çok ötesindedir; yani, son 650 bin yılın en yüksek değerindedir. Karbondioksitin atmosferik yoğunluğundaki artış, temel olarak fosil yakıt ve arazi kullanımlarındaki değişikliklerden dolayıdır. Metan ve diazotmonoksitin atmosferik yoğunluğundaki artış ise, temel olarak tarımın sonucudur. Örneğin, karbondioksitin atmosferik

yoğunluğundaki artış, 2005 yılı için 1750 yılındaki sanayi devrimi öncesi koşullara göre, iklim sisteminde 1,66 (1,49-1,83) W/m² enerji birikmesi ve buna eşdeğer bir ısınma ile sonuçlanmıştır.

Yakın tarihli iklim değişikliği-ne yönelik doğrudan gözlemler neler söylemektedir? İklim sisteminin ısınması, küresel ortalama sıcaklık ve deniz seviyesinin artması ve kuzey yarımküre mart-nisan kar örtüsünün azalması gözlemlerinden aşikâr olduğu gibi, su götürmez bir gerçektir (Şekil 1). Küresel ortalama sıcaklık, son yüzyılda (1906-2005) 0,74 (0,56-0,92) °C'lik doğrusal bir ısınma eğilimi sergilemiştir. Isınma, Dünya'nın çoğu bölgesi için istatistiksel olarak önemlidir ve bazı yerlerde (örneğin, İç Asya) daha güçlüdür. Doğrusal ısınma eğilimi, son 50 yılda (1956-2005) son yüz yılda olduğundan hemen hemen iki kat daha hızlı olmuştur (her on yıl için 0,13 [0,10-0,16] °C). Sıcaklık değişimi, iklimdeki daha belirgin ve kolaylıkla ölçülen değişimlerden biridir. Ancak iklimin diğer bileşenlerinin de değiştiği unutulmamalıdır. Örneğin, küresel ortalama karasal yağış, son yüzyılda (1900-2005) doğrusal bir eğilim sergilememesine rağmen, 1950'li yıllara kadar artmış, 1990'lı yılların başına kadar azalmış ve sonra yeniden artmıştır. Bununla birlikte, karasal yağış, son yüzyılda (1900-2005) bazı bölgelerde (örneğin, Kuzey Amerika'nın çoğu bölgesi) doğrusal bir artma eğilimi, bazı bölgelerde (örneğin, Batı Afrika, Sahel) ise doğrusal bir azalma eğilimi sergilemiştir.

İklim değişikliği, su götürmez bir gerçek olduğu gibi, insan faaliyetlerinin de bir sonucudur. Peki, bunu nasıl biliyoruz? Örneğin, 20. yüzyılın ikinci yarısında gözlenen küresel ortalama sıcaklıktaki artışın çoğu, büyük olasılıkla antropojenik sera gazlarının atmosferik yoğunluğundaki artış nedeniyledir. Çünkü gözlenen küresel ortalama sıcaklık değişimi (küresel ısınma), ancak doğal faktörler (solar aktivite ve volkanlar) ile birlikte antropojenik faktörleri (insan faaliyetleri) dikkate aldığımız iklim modelleri ile açıklanabiliyor. Yani, doğal faktörleri dikkate

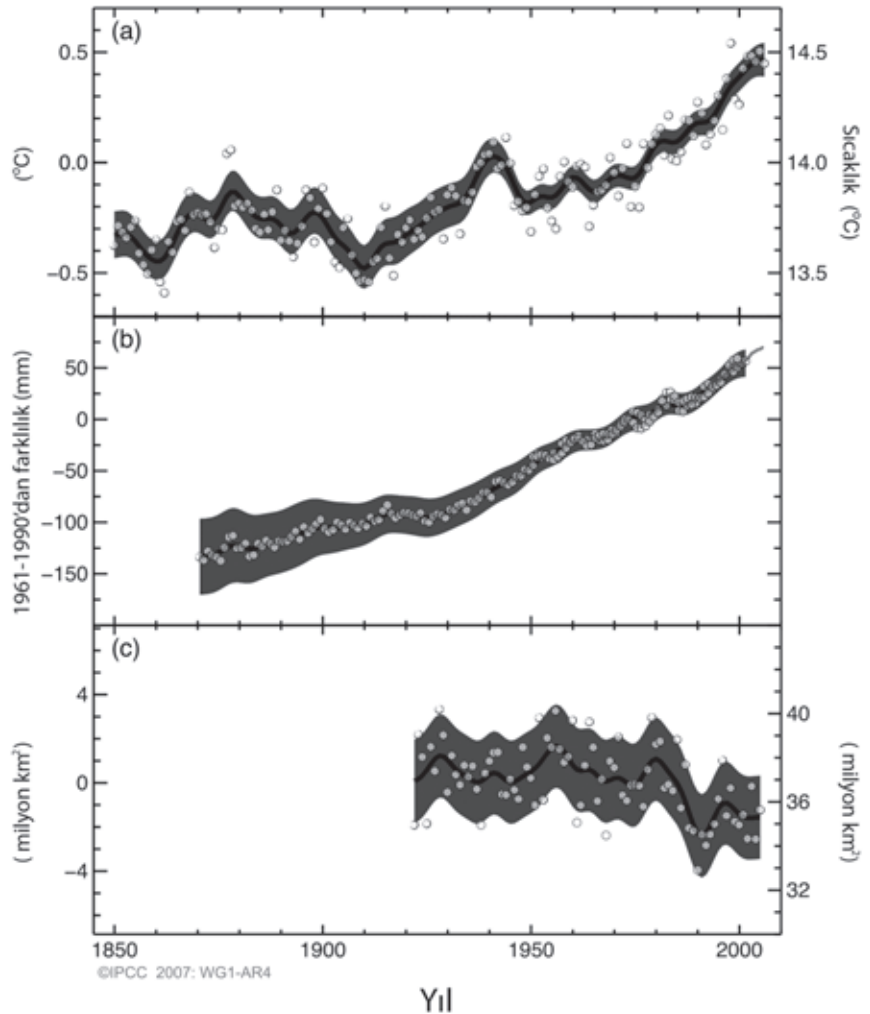
aldığımız, ancak insan faaliyetlerini dikkate almadığımız iklim modelleri, gözlenen küresel ısınmayı açıklamıyor.

İklim modelleri, gelecekte nasıl bir iklim değişikliği öngörmektedir? Sera gazları ve aerosollerin atmosferik yoğunluğu, 2000 yılındaki değerlerinde sabit tutulsa bile, 2090-2099 döneminde 1980-1999 dönemine göre, küresel ölçekte 0,6 (0,3-0,9) °C ısınma öngörülüyor (sadece Atmosfer-Okyanus Küresel Sirkülasyon Modelleri [AOKSM]'ne dayanan öngörü). Öngörülen ısınma, en iyimser tahminin dayandığı B1 sera gazı emisyon senaryosuna göre, 1,8 (1,1-2,9) °C, en kötümser tahminin dayandığı A1FI sera gazı emisyon senaryosuna göre ise, 4,0 (2,4-6,4) °C'dir (AOKSM dahil bir dizi iklim modeline dayanan öngörüler). Isın-

manın kara ve yüksek kuzey enlemlerde en fazla, Güney Okyanusu ve Kuzey Atlantik Okyanusu'nun bazı bölgelerinde ise en az olması bekleniyor. Yağışın ise, yüksek enlemlerde yüksek olasılıkla artması, çoğu subtropikal bölgede ise olasılıkla azalması öngörülüyor.

Peki, iklim değişikliği, Türkiye'de nasıl gerçekleşti ve gerçekleşecek? Çoğu bölgede 1950-2010 döneminde ısınma eğilimi gözlenmiştir; diğer bir deyişle, küresel ısınma etkili olmuştur. Yağış, aynı dönemde genel olarak güney ve batıda azalma, kuzey ve doğuda ise artma eğilimi sergilemiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013). Isınma, 2071-2099 döneminde 1961-1990 dönemine göre, batı ve doğuda tüm mevsimler için öngörülüyor. Örneğin, yaz mevsiminde batıda 3,3-6,9 °C, do-

Şekil 1: Küresel ortalama yüzey sıcaklığı (a), gelgit ölçeği (koyu gri alan) ve uydu (gri çizgi) verilerine dayalı küresel ortalama deniz seviyesi (b) ve mart-nisan Kuzey Yarımküre kar örtüsünde gözlenen değişiklikler (Solomon et al. 2007'den). Tüm değişiklikler, 1961-1990 dönemi için ilgili ortalamalara görelidir. Yumuşatılmış eğri on yıllık ortalama değerleri, daireler ise yıllık değerleri göstermektedir. Taralı alanlar, bilinen belirsizliklerin kapsamlı bir analizinden (a ve b) ve zaman serilerinden (c) tahminlenen belirsizlik aralıklarıdır.



ğuda ise 3,4-7,3 °C arasında değişen bir ısınma bekleniyor. Yağışın ise, aynı dönemler arasında kuzey ve güneyde tüm mevsimler için çoğunlukla azalması öngörülüyor (A2 sera gazı emisyon senaryosu için üç farklı AOKSM [ECHAM5, HadCM3 ve CCSM3] ve bir AOKSM [CCSM3] için üç farklı sera gazı emisyon senaryosuna [A2, A1FI ve B1] dayanan ve bölgesel bir iklim modeli [RegCM3] ile dinamik ölçek küçültme uygulanan öngörüler, Bozkurt et al. 2012; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013).

Durum çok açık: iklim, hem Dünya'da hem de Türkiye'de değişti (örneğin, sıcaklıklar arttı ve yağış örüntüleri değişti) ve değişmeye devam edecek (örneğin, sıcaklıklar artmaya ve yağış örüntüleri değişmeye devam edecek). Bu değişim, insan faaliyetleri, özellikle de fosil yakıt kullanımını sonucu antropojenik sera gazlarının atmosferik yoğunluğundaki artış nedeniyledir.

Buraya kadar, daha çok geçtiğimiz ve içinde bulunduğumuz yüzyıllarda sırasıyla gerçekleşen ve gerçekleşecek iklim değişikliği üzerinde duruldu. Ancak bir şey unutulmalıdır. İklim değişikliği, yeni bir şey değildir. Örneğin, Kuvaterner'in son 430 bin yıllık dönemi, her biri 100 bin yıl süren buzul buzullararası döngülere sahne olmuştur. Her buzul buzullararası döngünün küçük bir bölümü (ortalama % 20), normal olarak 10-30 bin yıl süren buzullararası dönemde geçmiştir. Milankoviç döngüleri (dönemsellik sergileyen orbital parametreler dış merkezlilik, eğiklik ve yalpalama), atmosferin üst kısmına gelen solar

radyasyonun mevsimsel ve enlemsel dağılımını değiştirir. Böylece, Milankoviç teorisine göre, 65. kuzey enlem civarına yaz mevsiminde gelen solar radyasyonun minimuma ulaşması, kış boyu yağın karın yıl boyu kalmasına ve böylece kuzey yarımkürede buzulları oluşturacak şekilde birikmesine neden olarak buzul dönemleri tetikler. Örneğin, 65. kuzey enleme haziran ayında gelen solar radyasyon, son buzul dönemin başlangıcında (116 ± 1 bin yıl önce) bugünkünden 40 W/m^2 daha azdı.

Türkiye'de iklim değişikliğinin nasıl gerçekleştiği ve gerçekleşeceğini bilmek, gerçekleşen iklim değişikliğinin biyolojik sistemleri (örneğin, step alanları ve canlılarını) nasıl etkilediğini (geçmiş) anlamak ve gelecekte gerçekleşecek iklim değişikliğinin biyolojik sistemleri nasıl etkileyeceğini (geleceği) öngörmek için ilk adımdır. Bu kapsamda, iklim modellerine dayanan yeniden oluşturulan uzak geçmiş, meteorolojik kayıtlara dayanan yakın geçmiş ve iklim modellerine dayanan öngörülen gelecek iklim verileri, Türkiye'de iklim değişikliğinin nasıl gerçekleştiği ve gerçekleşeceğinin bilinmesi açısından çok önemlidir. Bu iklim verilerinin detaylandırılmasına yönelik her adım (örneğin, bölgesel iklim modellerinin kullanımı [örneğin, Bozkurt et al. 2012], meteorolojik istasyon ağının iyileştirilmesi), Türkiye'de geçmişi anlamak ve geleceği öngörmek açısından şüphesiz çok değerli olacaktır.

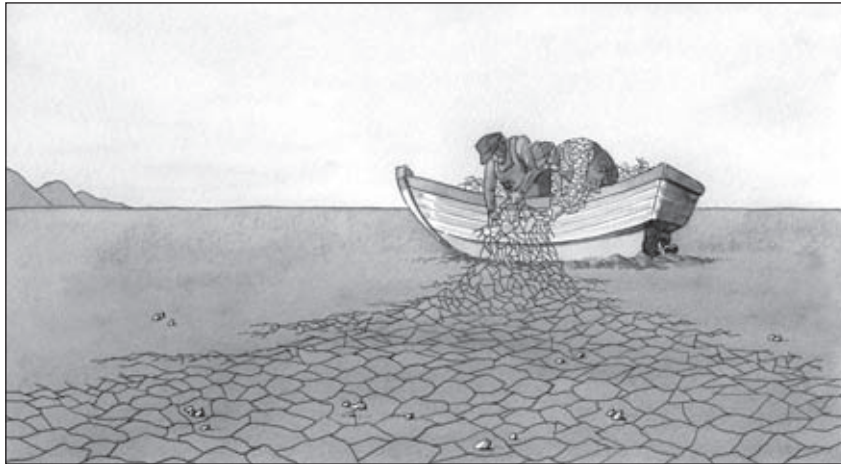
İklim değişikliği neden önemlidir? Çünkü biyolojik bilimlerin penceresinden bakacak olursak, iklim değişikliği (sıcaklık, yağış, aşırı



olaylar, karbondioksit yoğunluğu ve okyanus dinamikleri gibi bileşenleri), organizmadan biyoma kadar biyolojik çeşitliliğin tüm bileşenlerini etkiler ve biyolojik çeşitlilik için önemli bir tehdittir (Bellard et al. 2012). Bu kapsamda, içinde bulunduğumuz yüzyılda gerçekleşecek iklim değişikliğini daha da önemli kılan, öngörülen iklim değişikliğinin omurgalılar arasında gözlenen iklimsel niş evrim hızından en az 10 bin kat daha hızlı olmasıdır. Yani, içinde bulunduğumuz yüzyılda gerçekleşecek iklim değişikliğine uyum (iklimsel nişin takip edilmesi hariç), omurgalıların iklimsel nişlerini daha önce görülmemiş bir hızda değiştirmesini gerektirecektir (Quintero and Wiens 2013).

Peki, biyolojik çeşitliliğin iklim değişikliğine cevabı nasıl olacaktır? İklim değişikliğine plastisite ve/veya mikroevrim yoluyla verilen cevaplar üç şekilde olabilir: uzamsal, zamansal ve uzamsal ve zamansal olmayan. Uzamsal cevap, örneğin, türlerin coğrafi dağılımlarını (örneğin, enlemsel ve/veya rakımsal olarak) değiştirmesini içerir. Zamansal cevap, türlerin biyolojik olayların (örneğin, kış uykusundan çıkış) zamanlamasını (fenoloji) değiştirmesinden oluşur. Bir diğer cevap, ne uzamsal ne de zamansaldır; yani, türler, mevcut uygun iklimsel koşulları ne uzamsal ne de zamansal olarak takip etmezsiniz, buldukları yerdeki yeni iklimsel koşullara uyum sağlar (örneğin, fizyolojik cevaplar; Bellard et al. 2012).

Yakın tarihli iklim değişikliğinin biyolojik sistemleri nasıl etkilediğine yönelik gözlemler neler



söylemektedir? Birçok biyolojik sistemdeki değişimler, antropojenik ısınma ile ilişkilidir. Örneğin, 1990 veya daha sonrasında sonlanan, en az 20 yıllık bir periyodu kapsayan ve önemli bir değişim sergileyen biyolojik sistemler ile ilgili 28.671 veri serisinden % 90'ı, antropojenik ısınmaya bir cevap olarak beklenen değişimin yönüyle uyumlu bir değişim sergilemiştir (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 4. Değerlendirme Raporu, Çalışma Grubu II, Parry et al. 2007). Ancak bu uzun dönemli veri serileri arasında Türkiye'den herhangi bir veri serisi yoktur. En azından önümüzdeki 10-20 yılda (örneğin, step bitkilerinin ilk çiçeklenme veya memelilerin kış uykusundan çıkış zamanının veya ilgili biyolojik bir değişkenin [örneğin, kış uykusuna girişte veya çıkışta vücut ağırlığı] uzun yıllar izlenmesine dayalı) bu tür uzun dönemli veri serileri oluşturularak, Türkiye'de o zaman için yakın tarihte gerçekleşmiş iklim değişikliğinin biyolojik sistemleri nasıl etkilediği (yakın geçmiş) anlaşılmalıdır. Bu kapsamda, özellikle fenolojik gözlemlere yönelik veri tabanlarının oluşturulması ve/veya iyileştirilmesi unutulmamalıdır (örneğin, USA National Phenology Network, www.usanpn.org; Türkiye Fenoloji Ağı, trfeno.org).

Peki, iklim değişikliğinin biyolojik sistemler üzerindeki etkisi nasıl çalışılabilir? Genel olarak dört farklı yaklaşımdan söz edilebilir: korelasyon, modelleme, deney ve meta-analiz (Lepetz et al. 2009). Bu yazıda, sadece modelleme yaklaşımı, moleküler filocoğrafya ile birlikte ekolojik niş modellemesi üzerinden ele alınmıştır (örneğin, Gür 2013).

Ekolojik niş modellemesi

Ekolojik niş modellemesi, koruma biyolojisi, ekoloji ve evrimsel biyoloji gibi çalışma alanları için değerli biyocoğrafi bilgiler sunar ve 'tür dağılımı', 'çevresel niş', 'habitat uygunluk' veya 'biyoiklimsel çerçeve' modellemesi gibi isimler alır. Ekolojik niş modellemesi, bir türün coğrafi dağılımını tahmin etmek için, ilk olarak tür için uygun çevresel koşulları ve daha sonra bu çevresel koşulların alansal dağılımını

belirler. Örneğin, bir step bitkisinin coğrafi dağılımı modellenmek isteniyor. İlk olarak, tür dağılım verisi (coğrafi koordinat cinsinden bitkinin gözlemlendiği yerler) bu yerlerin çevresel ve/veya alansal özellikleri ile ilişkilendirilerek, bitkinin nemli killi topraklar üzerinde yaşadığı belirlenir; yani, bitki için uygun çevresel koşullar tanımlanır. Daha sonra, killi toprağa sahip ve yüksek yağış alan coğrafi yerler belirlenerek, bitkinin coğrafi dağılımı tahminlenir; yani, bitki için uygun çevresel koşulların alansal dağılımı belirlenir. Ancak bir türün uygun çevresel koşullara sahip tüm coğrafi yerlerde dağılmasını engelleyen birçok neden (örneğin, dispersali sınırlayan coğrafi bariyerler, diğer türler ile rekabet) vardır. Yine de, bu yaklaşım, değerli biyocoğrafi bilgiler sunar. Böylece, ekolojik niş modellemesi, tür dağılım verisini (coğrafi koordinat cinsinden türlerin gözlemlendiği yerler) bu yerlerin çevresel ve/veya alansal özellikleri (coğrafi bilgi sistemine dayalı bir yaklaşım kullanılarak elde edilen çok sayıda çevresel [örneğin, iklimsel] ve/veya alansal [örneğin, rakım] değişken) ile ilişkilendirilerek, türlerin coğrafi dağılımını tahminleyen -coğrafi uzamda tür dağılımı ve çevresel verilerden oluşturulan ve çevresel uzamda n boyutlu hiperhacim olarak düşünülen nişi (Hutchinson 1957) coğrafi uzama taşıyan- bir model oluşturur (Pearson 2010; Elith and Leathwick 2009; Martínez-Meyer 2012). Bu model, tür-iklim eşitliği (türün uygun iklimsel koşullara sahip tüm alanlarda dağılması) ve za-

man boyunca ekolojik nişin değişmediği varsayımları kabul edilerek (Nogués-Bravo 2009), türlerin geçmişte veya gelecekteki coğrafi dağılımlarını tahmin etmek için, iklim modellerine dayanan yeniden oluşturulan geçmiş ve/veya öngörülen gelecek iklim verilerine uygulanır (örneğin, Gür 2013). Bu nedenle, ekolojik niş modellemesi, geçmişi anlamak ve geleceği öngörmek açısından en popüler yaklaşımdır.

Ekolojik niş modellemesi için gereken veri, tür dağılım verisi (coğrafi koordinat cinsinden türlerin sadece gözlemlendiği veya hem gözlemlendiği hem de gözlenmediği yerler) ve çevresel (örneğin, biyoiklimsel) veridir. Tür dağılım verisi, İnternet üzerinde mevcut olan tür dağılım veri tabanlarından elde edilebilir (bkz. Richards et al.). Örneğin, Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org), 1.611.321 türe ait (~ % 69'u hayvan ve ~ % 27'si bitki) yaklaşık 640 milyon (~ % 88'i coğrafi koordinat cinsinden) dağılım kaydının serbest kullanımına izin veren bir veri tabanıdır (siteye erişim tarihi, 14 Aralık 2015). Özellikle ekolojik niş modellemesi yaklaşımının yaygınlaşması, geçmişi anlamak ve geleceği öngörmek açısından bu tür veri tabanlarının önemini daha belirgin hale getirmiştir. Türkiye'de tür dağılımı veri tabanlarına verilebilecek en güzel örneklerden biri, 443 kuş türüne ait yaklaşık 529 bin dağılım kaydının serbest kullanımına izin veren KuşBank (www.worldbirds.org/v3/turkey.php) veya eKuşbank (ebird.org/content/turkey)'tur (siteye erişim tarihi, 14 Aralık 2015; bu ve-



ri tabanının kullanımına örnek olarak Perktas et al. 2015a,b; Abolafya et al. 2013 - bkz. ayrıca Nuhun Gemisi Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Veritabanı, www.nuhungemisi.gov.tr). Türkiye'de geçmişi anlamak ve geleceği öngörmek açısından bu tür veri tabanlarına daha fazla önem verilmelidir. Özellikle her tür dağılım kaydının yaygın gözlenen türler için bile çok önemli olduğu düşünüldüğünde, farklı amaçlar (örneğin, doğa fotoğrafçılığı, amatör doğa gözlemleri, akademik çalışmalar) ile yapılan bu tür kayıtların tür dağılım veri tabanlarına yönlendirilmesi gerekir.

Çevresel veri, İnternet üzerinde mevcut olan iklim veri tabanlarından elde edilebilir (bkz. Richards et al.). Örneğin, WorldClim-Global Climate Data (www.worldclim.org), en sık kullanılan ve tüm dünya için 19 değişkenden oluşan biyoiklimsel verinin serbest kullanımına izin veren bir veri tabanıdır (bkz. ayrıca CliMond: global climatologies for bioclimatic modelling, www.climond.org). Bu veri, geçmiş (son buzullararası dönem, 130-116 bin yıl önce ve son buzul maksimum, 21 bin yıl önce), günümüz (1950-2000) ve gelecek (örneğin, 2050, 2070) için mevcuttur. Yukarıdaki örneklerde olduğu gibi, Türkiye için bölgesel iklim modellerine dayanan iklim verilerinin serbest kullanıma açılması, özellikle geleceği öngörmek açısından şüphesiz çok değerli olacaktır.

Ekolojik niş modellemesi, tür dağılım ve çevresel verilere ek olarak aynı zamanda modelleme tekniklerine (algoritmalara) ihtiyaç duyar.

Bu algoritmaların (bkz. Richards et al.) en etkinlerinden biri, MAXENT yazılımındaki (www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent, Phillips et al. 2004, 2006; Elith et al. 2011) maksimum entropi makine öğrenme algoritmasıdır (Elith et al. 2006).

Bu noktada, ekolojik niş modellemesi ile ilgili bazı önerilerde bulunmak gerekirse, 1) tür-iklim eşitliği ve zaman boyunca ekolojik nişin değişmediği varsayımları iyi değerlendirilmelidir, 2) mümkünse tür-özgü dispersal yeteneği ve biyotik etkileşimler, modelleme sürecine dahil edilmelidir, 3) farklı algoritmalar ve (özellikle bölgesel) iklim modelleri (gelecek için farklı temsili konsantrasyon rotaları ile birlikte) kullanılmalıdır, 4) mümkünse ekolojik niş modellemesi ve moleküler filocoğrafya yaklaşımları birlikte ele alınmalıdır.

Moleküler filocoğrafya

Moleküler filocoğrafya, yakın ilişkili türler arasında veya tür içinde genetik varyasyonun dağılımını etkileyen süreçleri anlamaya çalışır (Knowles 2009; Nielsen and Beaumont 2009; Hickerson et al. 2010). Bu yaklaşım, nötral genetik varyasyon örüntüsünün türün demografik tarihi ile ilgili bilgi vermesi temeline dayanır (Avice et al. 1987; Avice 2000). Demografik tarih, popülasyon büyüklüğündeki dalgalanmalar, popülasyon ayrılmaları (vikaryant olaylar ve/veya migrasyon ile farklılaşma) gibi genetik varyasyon örüntüsünü üreten demografik olaylardan oluşur. Tanımsal mole-

küler filocoğrafya süreci, ilk olarak filogenetik metotlar kullanılarak filogenetik ağacın oluşturulması ve daha sonra filogenetik ağacın topolojisi, soy hatlarının coğrafi dağılımı ve dallanma olaylarının tahmini tarihleri kullanılarak demografik tarihin çıkarılması şeklinde özetlenebilir; yani, filogenetik ağacın coğrafi bağlamda demografik olaylar ile ilişkilendirilmesidir. Ancak, filogenetik ağaçlar, sadece demografik olaylar hakkında değil, stokastik (rastgele) süreçler (yani, bazı bireyler çok sayıda, bazı bireyler ise az sayıda yavru verdiği için, genetik sürüklenme yoluyla gen soy hatlarının rasgele kaybolması) hakkında da bilgi içerir; bir diğer deyişle, aynı filogenetik ağaç, farklı demografik olaylar (alternatif biyocoğrafi senaryolar) ile açıklanabilir. Bu nedenle, demografik çıkarımlar, genetik süreçlerin stokastisitesini dikkate alan istatistiksel filocoğrafya ile yapılmalıdır. İstatistiksel filocoğrafya, alternatif biyocoğrafi senaryoların üretilmesi ve test edilmesine dayanır (Knowles 2009; Nielsen and Beaumont 2009; Hickerson et al. 2010). Alternatif biyocoğrafi senaryolar, ekolojik niş modellemesi yaklaşımı kullanılarak üretilebilir (Richards et al. 2007). DIYABC yazılımı (www.montpellier.inra.fr/CBGP/diyabc), moleküler belirteçler kullanılarak demografik çıkarımlar yapmak, yani alternatif biyocoğrafi senaryoları test etmek için, Yaklaşık Bayes Hesaplama metoduna kullanımı kolay bir yaklaşım sunar (Cornuet et al. 2008). İstatistiksel filocoğrafya yaklaşımın Anadolu için ilk örneklerinden biri, Anadolu sıvacı kuşu ile ilgili çalışmadır (Perktas et al. 2015a).

GELECEK SAYIDA

Bir step hayvanı olan Anadolu yer sincabı nasıl etkileniyor?

KAYNAKLAR

- Abolafya M., Onmuş O., Şekercioglu Ç.H. and 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.
- Avice J.C. 2000. Phylogeography: The History and Formation of Species. Harvard University Press, Cambridge.



- Avise J.C., Arnold J., Ball R.M., Bermingham E., Lamb T., Neigel J.E., Reeb C.A. and Saunders N.C. 1987. Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 18: 489-522.

- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W. and Courchamp F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15: 365-377.

- Bozkurt D., Turuncuoglu U., Sen O.L., Onol B. and Dalfes H.N. 2012. Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 global models for the eastern Mediterranean-Black Sea region: evaluation of the reference period. *Climate Dynamics* 39: 207-225.

- Cornuet J.M., Santos F., Beaumont M.A., Robert C.P., Marin J.M., Balding D.J., Guillemaud T. and Estoup A. 2008. Inferring population history with DIY ABC: a user-friendly approach to Approximate Bayesian Computation. *Bioinformatics* 24: 2713-2719.

- Elith J. and Leathwick J.R. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 677-697.

- Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R.J., Huettmann F., Leathwick J.R., Lehmann A., Li J., Lohmann L.G., Loiselle B.A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J.M.C.M., Peterson A.T., Phillips S.J., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R.E., Soberón J., Williams S., Wisz M.S. and Zimmermann N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.

- Elith J., Phillips S.J., Hastie T., Dudík M., Chee Y.E. and Yates C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17: 43-57.

- 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: 19-32.

- Hickerson M.J., Carstens B.C., Cavender-Bares J., Crandall K.A., Graham C.H., Johnson J.B., Rissler L., Victoriano P.F. and Yoder A.D. 2010. Phylogeography's past, present, and future: 10 years after Avise, 2000. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 291-301.

- Hutchinson G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 22: 415-457.

- Knowles L.L. 2009. Statistical phylogeography. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 593-612.

- Lepetz V., Massot M., Schmelzer D.S. and Clobert J. 2009. Biodiversity monitoring: some proposals to adequately study species' responses to climate change. *Biodiversity and Conservation* 18: 3185-3203.

- Martínez-Meyer E. 2012. Advances, limitations, and synergies in predicting changes in species' distribution and abundance under contemporary climate change. In: Beever E.A. and Belant J.L. eds. *Ecological Consequences of Climate Change: Mechanisms, Conservation, and Management*. CRC Press, Boca Raton, London, and New York. 67-84.

- Nielsen R. and Beaumont M.A. 2009. Statistical inferences in phylogeography. *Molecular Ecology* 18: 1034-1047.

- Nogués-Bravo D. 2009. Predicting the past distribution of species climatic niches. *Global Ecology and Biogeography* 18: 521-531.

- Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. and Hanson C.E. 2007. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Pearson R.G. 2010. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. *Lessons in Conservation* 3: 54-89.

- Perktas U., Gür H., Sağlam İ.K. and Quintero E. 2015a. Climate-driven range shifts and demographic events over the history of Krüper's Nuthatch. *Bird Study* 62: 14-28.

- Perktas U., Gür H. and Ada E. 2015b. Historical demography of European green woodpecker: comparing phylogeographic and ecological niche model predictions. *Folia Zoologica* 64: 284-295.

- Phillips S.J., Dudík M. and Schapire R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*, Banff, Alberta, Canada, 4-8 July 2004. ACM Press, New York. 655-662.

- Phillips S.J., Anderson R.P. and Schapire R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.

- Quintero I. and Wiens J.J. 2013. Rates of projected climate change dramatically exceed past rates of climatic niche evolution among vertebrate species. *Ecology Letters* 16: 1095-1103.

- Richards C.L., Carstens B.C. and Knowles L.L. 2007. Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generating and testing alternative biogeographical hypotheses. *Journal of Biogeography* 34: 1833-1845.

- Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2013. Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirimi. Ankara.



EVRENSEL KÜLTÜR ocak

İlahi gündelik hayat AYDIN ÇUBUKÇU, Serge Velay ile René Char ve şiir üzerine söyleşi SALİHBOLAT, Dizlerine döküldüm, ağlama Diyarbakır AYŞEGÜL TÖZEREN, Yazı(n)da dalgalanan an(ı)lar: Mübadil AHMET YIKIK, Ziya Osman Saba'dan Ahmet Büke'ye öyküde hümanizm çizgisi NİHAT ATEŞ, Kürtlerde Diplomasi FEHİM IŞIK, 2015 Türkiye sineması: Travma ve umut GÜL YAŞARTÜRK, Devrime, müziğe, sözcüklere sevdalı: Doğan Görsev GÜLSÜM CENGİZ, Seslerin rengi: Kandinsky İNCİ AYDIN, Kopuş A. KEVRINA şiirleriyle; Ömer Turan, Ümran Ersin, Özgün E. Bulut, Güleren Ülker, Abuzer Gülpınar, Enver Topaloğlu, Murat Atıcı, Müslim Çelik öyküleriyle; Sacide Alkar Doster, Eylem Ata Güleç, Emek Bayrak

DİJİTAL OYUN KÜLTÜRÜ: OYUN MU SANDIN!

İ. Gökhan Bayram, Serhan Gül, Ayşe Gizem Buyurucu, Ulaş Başar Gezgün, Erdem Aksakal, Kemal Akay, Pelin Koç, Kaan Karsan, Günseli Bayraktutan, Dağhan Irak, Mithat Fabian Sözmen

aylık kültür sanat edebiyat dergisi | evrenselkultur.com | evrenselkulturdersisi@yahoo.com | 0212 255 2546 | EvrenselKultur