



Ege Coğrafya Dergisi, 25/2 (2016), 15-34, İzmir
Aegean Geographical Journal, 25/2(2016), 15-34, Izmir—TURKEY

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS TEKNİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLEN ORMANSIZLAŞMA KAYNAKLI ARAZİ DEĞİŞİMİ ALTINDA GÜNÜMÜZ VE GELECEK ORMAN BİYOÇEŞİTLİLİĞİNİN ANALİZİ: BORNOVA, İZMİR ÖRNEĞİ

*Remote Sensing and Geographic Information Systems-based Evaluation of
Current and Future Forest Biodiversity Under Deforestation-based
Landuse Change: The Case Study for Bornova, İzmir*

Fulya AYDIN

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, 35100, Bornova, İzmir

fulya_ege_edu@hotmail.com

Abstract

Forests are one of the ancient forces, which supply healthy habitats for species and enhance the biodiversity in ecosystem-level, species-level and genetic-level. The valuable forests are homes for the numerous creatures and the sink of the atmospheric CO₂. Although the forests have considerable benefits for the Earth, they recently face with the threat of deforestation and forest degradation. When the forests begin to transform into grasslands or agricultural areas, its biodiversity is damaged; because of the agricultural areas that enhance the biodiversity less than forest areas. The monitorization of forest cover change and the projections about their future become importance progressively. Coupled with these studies, the analysis of biodiversity living in the forests have significant potential to make difference for the protection of these fertile ecosystems.

Bornova district of İzmir City in Turkey was evaluated for the study. In the study, the projection of the future forest cover was evaluated with Landuse Change Model (LCM), and it is seen that the trend seems like the same with the historical decrease. In 2033 projection, it has been found that the forest cover shall decrease against the increase of urban area pattern. This decrease shall affect the mammals of the forest ecosystems. In Bornova Forests, 48 endangered mammals are living per IUCN RedList as of 2014. The future forest cover projection shows also the decrease in the habitats of these endangered mammals associated with the deforestation/forest degradation. In the study, biodiversity was evaluated via Habitat and Biodiversity Model (HBM) in TerrSet environment by the calculation of alpha, beta and gamma diversity measurements, Sørensen Dissimilarity Index (SDi) and Range Restriction Index (RRi). In the study, it was determined that the species richness was %70 according to 2014-based alpha diversity measurement; but this value will decrease up to %28 in 2033. When the habitats of mammals were evaluated, the most habitat-loss will be emerged in the species as *Cricetulus migratorius*, *Rhinolophus blasii*, *Myotis capaccinii*, *Tadarida teniotis* and *Myotis mystacinus*.

Key Words: LCM, Deforestation, Land cover, Prediction, HBM, Biodiversity, Bornova, İzmir

Öz

Ormanlar, türler için sağlıklı habitat sağlayan; ekosistem seviyesinde, türler seviyesinde ve genetik seviyede biyoçeşitliliği destekleyen en eski güçlerden biridir. Yararları saymakla bitmeyen ormanlar, birçok canlıya ev sahipliği yapmakta ve ayrıca atmosferdeki karbondioksitin büyük bölümünü depolamaktadır. Evimiz olan dünyamıza birçok faydası olmasına rağmen, bugün ormanlarımızın büyük bir bölümü yok olma tehlikesi altındadır. Orman alanları, meralar veya tarım alanları gibi başka arazi desenleri ile yer değiştirdiğinde içinde bulunan biyoçeşitlilik zarar görür; çünkü orman alanlarının tarım alanlarına dönüşmesi doğal ormanlara göre daha az biyoçeşitliliği destekler. Orman alanlarının değişiminin monitörize edilmesi ve bu alanların geleceği ile ilgili yapılacak olan tahminleme çalışmaları giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmalar ile birlikte orman alanlarında yaşayan türlerin biyoçeşitliliğine yönelik analizler de oldukça zengin olan bu ekosistemin korunmasına yönelik atılacak adımlarda farkındalık yaratma potansiyeline sahiptir.

Çalışmada, İzmir'in Bornova ilçesine ait ormanların zaman içindeki değişimi arazi değişim modeli ile incelenmiş ve daha sonra gelecek orman alanı tahmini yapılmıştır. 2033 yılı tahmininde ormanların, genellikle yerleşim alanı deseninin genişleme potansiyeline göre azalacağı öngörülmüştür. Bu azalma, doğal olarak, orman ekosisteminin barındırdığı memeli türlerini de etkileyecektir. Bornova ormanlarında, 2014 yılı itibarı ile IUCN'in Kırmızı Listesi tarafından belirlenen 48 tehlike altında tür barınmaktadır. Tehlike altında bulunan bu zenginliğin ise yapılan gelecek orman tahminlemesi sonucunda orman alanının daralması ile beraber azaldığı görülmektedir. Habitat ve Biyoçeşitlilik Modeli kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada orman biyoçeşitliliği; alfa, beta, gama çeşitlilik değerleri, Sørensen Farklılık indeksi ve Çeşitlilik Kısıtlama indeksi gibi ölçüm yöntemleri ile analiz edilmiştir. Çalışmada, 2014 yılında tür zenginliği alfa çeşitlilik değerine göre %70 oranında iyi değerine sahipken; bu değer 2033 yılında %28'e değerine inmiştir. Memeli türlerinin yaşadıkları nişlere bakıldığında ise orman alanlarının azalması ile en çok alansal kaybın *Cricetus migratorius*, *Rhinolophus blasii*, *Myotis capaccinii*, *Tadarida teniotis*, *Myotis mystacinus*'ta görüleceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelime: LCM, Ormansızlaşma, Arazi Deseni, Projeksiyon, HBM, Biyoçeşitlilik, Bornova, İzmir

Giriş

Biyoçeşitlilik, “biyolojik” ve “çeşitlilik” kelimelerinin iç içe geçmesi ile oluşmuş bir kavramdır. Bu kavram yalnızca ekosistemlerin, türlerin ve genetik materyalin toplamı olmamakla birlikte; içlerindeki değişkenliği de temsil eder. Bu sebepten ötürü biyoçeşitlilik kavramı, birçok farklı yolla tanımlanabilen oldukça karmaşık bir fenomendir. Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması'nın (The Convention on Biological Diversity) yaptığı tanıma göre ise, biyoçeşitlilik; “yeryüzüne ait, denize-diğer su yapılarına ait v.d. ait ekosistemler ile tür içindeki, türler arasındaki ve ekosistemler arasındaki ekolojik komplekslikleri içeren tüm kaynaklarda yaşayan canlı organizmaların içindeki değişkenlik” anlamına gelmektedir (United Nations, 1992; Lysen vd., 2008; Katağan, 2015). Bitkilerin ve hayvanların yaklaşık 2/3'üne ev sahipliği yapan ormanlar ise biyoçeşitliliği yüksek

yeryüzü ekosistemleridir (Schmitt vd., 2009, FAO, 2010, IUCN, 2010; Fleming vd., 2011).

Ormanlar, türler için sağlıklı habitat sağlayan; ekosistem, tür ve genetik seviyede biyoçeşitliliği destekleyen en eski güçlerden biridir. Kısaca, orman biyoçeşitliliği, orman ekosisteminde yaşayan organizmalar arasındaki değişkenlik olmakla birlikte türler arasındaki ve içindeki çeşitliliği de kapsar (CBD, 1992; FAO 2000; Fleming vd., 2011). Yararları saymakla bitmeyen ormanlar, birçok canlıya ev sahipliği yapmakta ve ayrıca atmosferdeki karbondioksitin büyük bölümünü depolamaktadır. Yalnızca tropikal ormanlar yaklaşık 350 pg (petagram) karbonu bünyesinde depo etmektedir (UNCCD & Joint Liaison Group of the Rio Conventions, 2007; Matthews vd., 2000). Ormanlar, erozyon önleyicidir ve bir nevi yaşam sigortasıdır. Gezegeneimize birçok faydası olmasına rağmen, bugün ormanlarımızın büyük bir bölümü yok olma tehlikesi altındadır.

Bir bölgede ormanlık alanların azalması, bu ekosistemin sağladığı yararların da giderek kaybolmasına neden olmaktadır. Özellikle de artan tarımsal aktiviteler ve nüfus artışı nedeniyle arazi kullanımında değişimlerin meydana gelmesi, ormanların kapasitesini azaltıcı etkiler yaratmaktadır (Matthews vd., 2000). Orman deseninde aniden ya da zaman içinde oluşan değişiklikler, doğal dinamikler veya insan etkileri ile ilişkilendirilebilir (Herold vd., 2011). Aşırı hasat, orman yangınları, zararlıların artışı, kuraklık, rüzgar, kar ve seller gibi iklimsel olayların vb. sebep olduğu orman düzensizlikleri, küresel çapta yılda yaklaşık 100 milyon hektar orman alanını etkilemektedir (Bakr vd., 2010).

Orman deseninin dönüştürülmesi, yollar ve barajlar ile parçalanması; tarımsal alanlar ve meralarla yer değiştirmesi, karbon zengini olan ormanların, alan başına karbon depolama yeteneklerini de azaltmaktadır (Matthews vd., 2000). Hatta bu alanların yerleşim alanları ile yer değiştirmesi, karbon depolamadan farklı olarak karbon emisyonuna sebebiyet vermektedir.

Orman alanları, meralar veya tarım alanları gibi başka arazi desenleri ile yer değiştirdiğinde içinde bulunan biyoçeşitlilik zarar görür; çünkü doğal orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi biyoçeşitliliğin artmasına ya da korunmasına daha az katkıda bulunur. (Matthews vd., 2000). Bu nedenle, arazi dönüşümleri direkt olarak biyoçeşitliliği tehdit etmektedir. Bu süreçte önemli rollerden birini ise genişleyen tarımsal uygulamalar almaktadır (Christian vd., 1994; Tilman vd., 2001; Lysen vd., 2008). Zaten son 50 yıla bakıldığında; gıda üretimindeki kayda değer artışın çevresel maliyetler ve insan sağlığına yönelik maliyetlerle karşılaştırılabilir hale gelmesi nedeniyle, ormanların, kalıcı meraların, Subtropikal steplerin ve sulak alanların büyük kısmının verimli tarım alanlarına dönüştürülmesi, yüksek oranda biyoçeşitlilik kaybına sebep olmuştur (Carey, 2005; Lysen vd., 2008). Özetle, ormanların diğer arazi kullanımına dönüştürülmesi, yerel tür zenginliği ve bereketi üzerinde negatif etkiye sahip olmaktadır (Christian vd., 1994; Cook, 2000; Lysen vd., 2008).

Newbold ve arkadaşlarının (2014) yapmış olduğu çalışmada tropikal ve sub-tropikal orman biyoçeşitliliğinin antropojenik baskılara karşı tepkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada özellikle 40°S ile 40°N enlemleri arasındaki orman biyomuna yönelik çalışma yapılmıştır. Antropojenik baskılara yönelik parametreler ise majör arazi kullanım tipleri, orman deseni, örnek alanda 3 yılda meydana gelen bitki örtüsü kaybı ve nüfus yoğunluğu şeklindedir. Yapılan çalışmada nüfus artışının türlerin habitatlarında %70'e varan azaltım meydana getireceği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada insanların hakim olduğu habitatların daha az biyoçeşitlilik desteklediği de ortaya konmuştur.

Lawler ve arkadaşlarının (2014) yaptığı çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde ekosistem hizmetlerinin arazi kullanım projeksiyonu altında nasıl değiştiği incelenmiştir. Çalışmada A.B.D.'nin 2051 yılı için arazi kullanımı, arazi kullanımı değişimini etkileyen etmenler ile birlikte incelenmiş ve ürün bitkisi yetiştiriciliğine yönelik alanların 28.2 milyon hektar kadar artacağı; bu durumun karbon depolamada, gıda üretiminde ve verimlerde artış meydana getirmesine rağmen modellenen türlerin habitatlarında %10'dan fazla azalma oluşturacağı öngörülmüştür.

Doğun ve Erdem'in (2012) yapmış olduğu çalışmada, Bornova'da, CORINE (Coordination of Information on the Environment) veritabanından alınan arazi kullanımlarında yapay bölgeler olarak adlandırılan alanların (yerleşim gibi) ağaçlandırma potansiyeline sahip bölgeler ile % 21.46 oranında çakıştığı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra mevcut ormanlar da bölgede giderek azalma riski taşımaktadır (Doğun ve Erdem, 2012). Bu azalmadan dolayı, bölgede orman deseninin zaman içindeki değişiminin takip edilmesine ve gelecekte bu desene neler olabileceği ile ilgili çalışmalar yapılmasına bu ekosistemin sağladığı tüm hizmetlerden faydalanan insanlar ve hayvanlar açısından gereksinim duyulmakta olduğu belirtilmiştir.

Bornova ormanlarında, 2014 yılı itibarı ile IUCN'in Kırmızı Listesi tarafından belirlenen 48 adet "tehlike altında memeli" türü barınmaktadır.

Bornova ormanlarında bulunan; ancak tehlike altında bulunan bu zenginliğin, orman alanları için yapılan gelecek senaryoları kapsamında daralacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışmada orman biyoçeşitliliği; alfa, beta, gamma çeşitlilik değerleri, Sørensen Farklılık İndeksi ve Çeşitlilik Kısıtlama İndeksi gibi ölçüm yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bu analizler hem 2014 yılı için hem de tahminlenen 2033 yılı için gerçekleştirildikten sonra ise ortaya çıkan sonuçlar kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Arazi Değişim Modeli (LCM) ve Özellikleri

LCM (Land Change Modeler) Clark Labs, Conservation International ve Moore Foundation tarafından geliştirilmiş, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ile Uzaktan Algılama yöntemlerinin entegrasyonunu sağlayan TerrSet yazılımının bir aracıdır. Bu aracın geliştirilmesindeki amaç, giderek artan arazi dönüşümü probleminin incelenmesine yönelik analiz ihtiyaçlarının giderilmesidir. LCM modelinde arazi deseni değişiminin tahminine yönelik analizler ve bu analizlerin uygulamaları bazı ana görev basamakları altında organize edilmiştir. Bunlar; değişim analizi, değişim tahmini ve müdahale planlamasıdır. Arazi değişimin modellenmesi için gerçekleştirilen basamaklar;

- Değişim analizi (geçmiş arazi deseninin değişiminin analizi),
- Geçiş potansiyeli (geçiş/değişimi güçlendiren etmenlerin yardımı ile arazi deseninin değişim potansiyelinin modellenmesi),
- Değişim tahminlemesi (gelecekteki değişimin gidişatına yönelik tahminleme yapılması) şeklindedir (Eastman, 2015a; Eastman, 2015b).

LCM'nin arazi deseni haritalarını kullanması, CBS teknikleri ile bütünlük olmasını gerektirmektedir. Arazi kullanım haritaları ve geçiş güçlendiren etmenlerin coğrafi veriler olması, tüm arazi kullanım haritalarının aynı kategorilere sahip olması ve harita koordinatlarının çözümlülükleri ile birlikte aynı olması zorunlulukları LCM aracının kullanılmasında veritabanı geliştirmenin önemini ortaya koymaktadır (Eastman, 2015a; Eastman, 2015b).

LCM'de arazi kullanımına yönelik gelecek projeksiyonu analizi yapılmasında önemli aşamalardan biri de bir arazi kullanımından (örn. orman) başka bir arazi kullanımına (orman-dışı bölgeler gibi) "geçiş güçlendiren (kuvvetlendiren) etmenlerin" varlığında (örneğin yerleşim alanları, yollar vb.) geçiş potansiyelinin analiz edilmesidir. Geçiş güçlendiren bu etmenler, statik ve dinamik bileşenleri oluşturur. Statik etmenler, ele alınan geçiş için zamanla değişmez. Dinamik etmenler ise zamana bağlıdır ve gelecek projeksiyonunun gidişatı boyunca zaman içinde yeniden hesaplanır.

Model içinde geçiş güçlendiren etmenler seçildikten sonra her geçiş alt-modeli, üç hesaplama modelinden birine entegre edilir. Bu hesaplama modelleri; (1) lojistik regresyon, (2) çok katmanlı algılayıcı (MLP) sinir ağı ve (3) k-en yakın komşuluk makine öğrenim algoritmasını baz alan Sim Weight modeli şeklindedir. Aşağıda, çalışmada da kullanılan SimWeight prosedürünün formülizasyonu görülmektedir (Sangermano vd., 2010).

$$\text{Üyelik (değişim)} = \frac{\sum_{i=1}^c \left(1.0 - \frac{1}{1 + e^{1/d_i}}\right)}{k} \quad (c \leq k) \quad (1)$$

Denklemden k değeri, referans pikseline en yakın piksellerin (değişen ve sabit) sayısını, c değeri k en-yakın komşuluk içindeki değişen piksellerin sayısını ve d değeri ise örnek olarak verilen i sayısı kadar değişen pikselin mesafesini temsil etmektedir (Sangermano vd., 2010). Bu prosedür, değişken uzayında olan sınıflara ait bilinen örneklerin ağırlıklı uzaklıklarının hesaplamasına dayalıdır. Makine öğrenim prosedürlerinden olan SimWeight, sonuçları etrafındaki piksellerdeki değişime göre tespit eder.

Habitat ve Biyoçeşitlilik Modeli (HBM) ve Özellikleri

Bir diğer TerrSet yazılım aracı olan Habitat ve Biyoçeşitlilik Modeli, IUCN tür verilerinin girdi olarak kullanılabilirdiği ve bu verilerin IUCN Kırmızı Liste statüsüne göre alt kümelerle ayrılabilirdiği bir araçtır. Bu alt kümeler; az endişe verici, tehdit altında olmaya yakın, hassas, tehlike altında, kritik ölçüde tehlike altında, doğada bulunmayan ve veri eksik şeklindedir. Burada,

sonuç verileri biyoçeşitlilik haritasının üretiminde kullanılabilir (Eastman, 2015a;b).

HBM modeli kullanılarak biyoçeşitlilik incelemesine yönelik bazı ölçümler gerçekleştirilebilir. Modelde incelenen biyoçeşitlilik analiz ölçümleri şunlardır;

Alfa Çeşitliliği (α): Lokasyonda bulunan ele alınmış türlerin toplam sayısını verir. Bu katsayı, basit bir şekilde lokasyondaki tür zenginliğini temsilen hesaplanır. Bu çeşitlilik değeri, habitat birimi içindeki bireylerin zenginliğini ve aynılığını temsil eder (Sepkoski, 1988). Alfa değeri, bir diğer ifade ile tek bir piksel lokasyonundaki çeşitliliği ifade eder ve genellikle toplam tür sayısı olarak açıklanır.

Gama Çeşitliliği (γ): Geniş bölgede ele alınmış türlerin toplam sayısını verir. Bu değer, bölge üzerindeki tür zenginliğini temsilen hesaplanmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir pikseldeki kayıtlı değer, özel bir noktanın aksine tüm bölgeye ait olan zenginliği temsil eder. Gama çeşitliliği, peyzaj/bölge çeşitliliği veya peyzaj içindeki habitatların çeşitliliği anlamına da gelmektedir. Gama değeri, daha geniş bölgeler veya ekosistemler üzerinden toplam çeşitliliğin hesaplanmasıyla, bölgesel zenginliğin ölçülmesini sağlar.

Beta Çeşitliliği (β_w veya β): Geniş bir bölge üzerindeki gama çeşitlilik değerinin, ortalama alfa çeşitlilik değerine oranını verir. Bu nedenle bu değer, tür envanterinin (stok-ciro vb.) bir ölçüsüdür. Beta çeşitliliğine birçok ölçüm yöntemi önerilmiştir. Burada kullanılan ölçüm yöntemi ise Whittaker'ın beta çeşitlilik ölçüsüdür (Formül 2) (Whittaker, 1960; 1972; 1975; 1977). Beta çeşitliliği, bir diğer ifade ile habitatlar arasındaki çeşitliliğin tanımlanmasında kullanılır.

$$\beta_w = (\gamma - \alpha) / \alpha = \gamma / \alpha - 1 \quad (2)$$

Sørensen Farklılık İndeksi (S_s): Türlerin kompozisyonel farklılığının bir ölçüsüdür. Sørensen İndeksi ise piksel ve bölge arasındaki ortak tür sayısı olarak hesaplanır (Eastman, 2015a).

$$S_s = 2a / (2a + b + c) \quad (3)$$

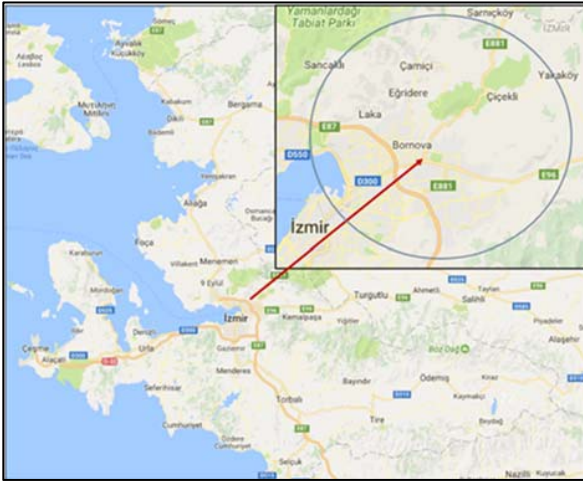
Formül 3, Sørensen benzerlik indeksidir. Buradaki değişkenler sırasıyla; iki alanda ortak olarak bulunan tür sayısı (a), birinci alana özgün olarak bulunan tür sayısı (b) ve ikinci alana özgün olarak bulunan tür sayısıdır (c) (The University of Arizona, 2016). Sørensen Farklılık İndeksi ise 1 değerinden yukarıda verilen Sørensen benzerlik indeksinin çıkarılması ile bulunur (Eastman, 2005a).

Çeşitlilik kısıtlama indeksi (RRi): Endemizm ölçüsü olarak yorumlanan hassasiyet değerinin süreklilik gösteren bir ölçüsüdür. Çeşitlilik kısıtlama indeksi, türlerin tüm çalışma bölgesinde göreceli olarak bulunduğu alanın karşılaştırılması temeline dayanmaktadır. İndeks aralığı 0-1 arasında değişmektedir; yüksek değerler, bulunan lokasyonlardaki türlerin çoğunluğunun kısıtlı (dar-özel) alanda olduğunu gösterir (Eastman, 2015a; Eastman, 2015b; University of Idaho, 2016).

$$RRi = \frac{\sum_{i=1}^n (1 - \frac{A_i}{A})^2}{\alpha} \quad (4)$$

Çeşitlilik kısıtlama indeksini temsil eden denklemde A_i değeri çeşitliliğe sahip alanı, A değeri toplam alanı, α katsayısı ise alfa çeşitlilik değerini temsil etmektedir. HBM modelinde üç girdi veriye izin verilir. Bunlar; (1) tüm türlerin bir arada bulunduğu kompozit poligonların oluşturduğu, türlere ait vektörel veri, (2) tek tek türlerin bulunduğu poligon vektör veri grubu ve (3) tek tek türlerin bulunduğu raster (tabaka) veri grubu şeklindedir. Vektörel veri kullanıldığında sonuçların rasterize edilebilmesi için bir referans verisi kullanılır. Bu veri içinse genellikle kabartma haritalarından yararlanılabilir. Bunun yanı sıra hesaplamaya katılması istenmeyen bölgeler (su yüzeyi vb.) maskelenerek alandan çıkartılabilir.

Girdi veri ayarlandıktan sonra modelin analize başlaması için bölge seçimi gereklidir. Bunun sebebi model ile bütün alanın analizinin uzun zaman almasıdır. Bu sebeple bir odak bölgesi seçilerek bölge etrafında bir yarıçap oluşturulur. HBM modelinde, fokal zon opsiyonu, değerleri, dairesel bir zon tarafından çevrelenmiş her pikseldeki tür kompozisyonunu ele alarak hesaplanmaktadır. Bu ayarı uygulamak içinse bir fokal zon yarıçapı ayarlanmalıdır. Bu zon, tüm piksellerin üzerinde başarıyla hareket eder.



Şekil 1: İzmir ilinin Bornova ilçesi
(Kaynak: Google Maps).

Figure 1: Bornova district of the province of İzmir
(Source: Google Maps).

Çalışma Alanı: Bornova İlçesi

Bornova (Şekil 1) İzmir'in en büyük ilçelerinden biri olup, İzmir'in kuzeydoğusunda, Yamanlar Dağı eteğinde, 38° kuzey enlem ve 27° derece boylam üzerinde bulunmakta ve köyleriyle birlikte 224 km² alanı kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan alınmış Bornova ilçesine ait vektörel verinin yüzölçümü ise yaklaşık 244.5 km²'dir. Bornova ilçesindeki orman alanları iğne, geniş yapraklı ve karışık olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır; bölgede Kahverengi ve Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları ile Rendzinalar gibi toprak yapısından oluşan orman ve maki örtüsü bulunmaktadır (Doğyan ve Erdem, 2012).

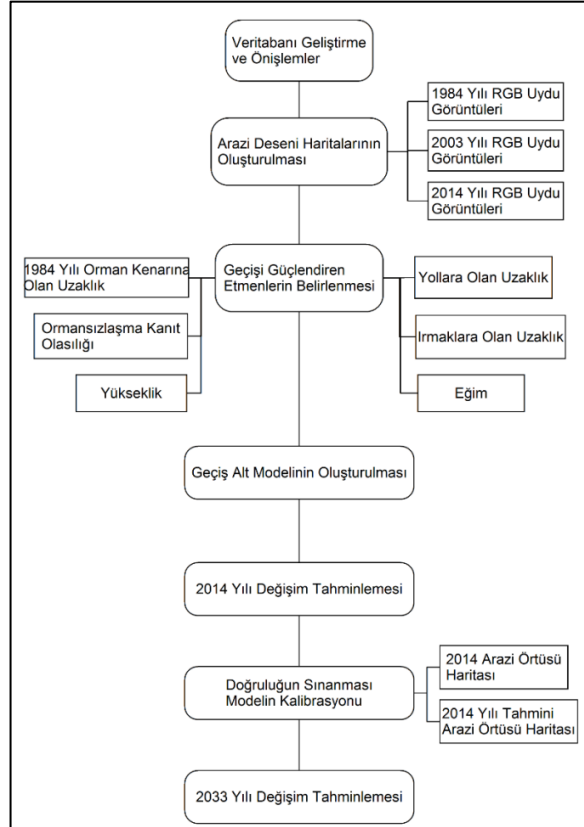
Yöntem

Çalışmada sırasıyla (1) orman deseni değişimi LCM ile incelenmiş ve gelecek orman deseni tahmini gerçekleştirilmiş; (2) günümüz ve gelecek orman deseninde HBM ile biyoçeşitlilik analizi (alfa, beta, gama katsayıları ile Sorensen Farklılık İndeksi ve Çeşitlilik Kısıtlama İndeksi analizi) yapılmıştır.

LCM ile Gelecek Orman Alanı Deseninin Tahmini

Orman deseninin günümüzde ve gelecek tahminlemesine barındırdığı biyoçeşitliliğin analiz

edilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, ele alınan ilk aşama orman deseni değişiminin LCM ile incelenmesi ve gelecek tahmininin yapılmasıdır. Bu aşamaya ait yöntem basamakları Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2: Gelecek orman deseni tahminlemesine ait çalışma basamakları.

Figure 2: The methodology steps of future forest cover prediction with LCM.

Veritabanı Geliştirme ve Önlemler

Çalışmada açık kaynaklı ve ücretsiz veritabanlarından elde edilen konumsal veriler kullanılmıştır. Kullanılan verilerden **sayısal yükseklik modeli** ASTER GDEM uydusuna ait veritabanından elde edilmiş olup **1984 ve 2003 uydu görüntüleri** NASA/USGS LANDSAT 4-5 TM uydusu; **2014 yılı uydu görüntüleri** ise NASA/USGS LANDSAT 8 OLI/TIRS uydusuna ait veritabanından (Earth Explorer) elde edilmiştir. Bahsedilen bu verilerin hepsi raster formatında olup 30 m. çözünürlüğe sahiptir. Raster verilerin

yanı sıra vektör veriler olan **karayolları ve ırmak verisi** NREL'den (Natural Renewable Energy Lab.) ve **memeli türleri verisi** ise IUCN Redlist'ten elde edilmiştir. Elde edilen tüm raster ve vektör verilerin projeksiyonu WGS84 LatLong şeklindedir. Bahsedilen bu veriler ile (1) Eğim, (2) İrmaklara uzaklık, (3) Yollara uzaklık, (4) 1984-2003 ve 2014 yıllarına ait arazi desenleri, (5) Ormansızlaşmaya yönelik kanıtsal olabilirlik ve (6) 1984 yılı orman alanlarına olan uzaklık haritaları türetilmiştir.

Eğim haritası, ASTER GDEM'den alınan sayısal yükseklik modeli verisinin ArcGIS Yersel Analiz modülüyle işlenmesi sonucu oluşturulmuş; **ırmaklara uzaklık** ve **yollara uzaklık** verileri ise yine aynı yazılımın Öklid Uzaklığı modülünün kullanılmasıyla türetilmiştir.

Ormansızlaşmaya yönelik kanıtsal olabilirlik haritasının türetilmesinde ise; iki girdiden yararlanılmıştır. Bunlar; (1) LCM modeli ile oluşturulan; ormandan orman-dışı alana kayan ve orman-dışı alandan ormana kayan bölgelerin gösterildiği Boolean (ikili) harita ve (2) 1984 yılı arazi deseni haritası şeklindedir.

1984 yılı orman alanı kenarına olan uzaklık haritası içinse öncelikle 1984 yılına ait orman alanları sınıflandırılmış ve bu haritadan orman alanları çıkartılmıştır. Çıkartılan alanın kenarlarına olan uzaklığın bulunması için ArcGIS yazılımının Öklid Uzaklığı modülünden yararlanılmıştır.

Arazi Deseni Haritalarının Oluşturulması

Çalışmada, LANDSAT 4, 5 ve 8 uydularından alınan 1984, 2003 ve 2014 yılına ait uydu görüntüleri GRASS GIS yazılımı ortamında atmosferik (i.atcorr) ve sensöre göre (landsat 5 veya 8 gibi) yerküre üzerindeki radyans ve reflektans değerleri ile atmosferdeki değerlerin birbirinden ayrılmasına dayanan (i.landsat.toar) radyometrik düzeltmelerden geçirilmiştir. Düzeltmeleri yapılan bu görüntülerden yakın kızılötesi (NIR), kırmızı ve yeşil bantları ile ters kompozit harita (false color composite) oluşturulmuş ve bu harita ArcGIS ortamında bulunan IsoCluster kontrolsüz sınıflandırılmasına tabi tutularak orman ile orman-dışı alanları

gösteren arazi kullanım haritaları elde edilmiştir (Şekil 3).

Geçiş Güçlendiren Etmenler ve Etki Derecelerinin Belirlenmesi

Gelecek bir yılın tahminlenmesi aşamasında ise öncelikle arazi değişim modelinin şekillendirilmesi gerekmektedir. Bunun için orman alanından orman dışı alana geçişi güçlendiren etmenler tespit edilmiştir. Bu etmenler; (1) yollara olan uzaklık, (2) ırmaklara olan uzaklık, (3) yükseklik, (4) eğim, (5) ormansızlaşmaya yönelik kanıtsal olabilirlik ve (6) 1984 yılı orman kenarlarına olan uzaklıktır.

Bu etmenlerin her biri orman alanlarının değişiminde eşit etkiye sahip olmadığından ağırlıklandırılmalıdır. Bu işlem içinse TerrSet yazılımının SimWeight modülü kullanılmış ve etmenler, orman alanlarını etkileyebilirliklerine göre algoritmalar olarak ağırlıklandırılmıştır. Modül ile hesaplanan ağırlık değerleri Şekil 4'te verilmektedir.

Arazi Değişim Modeli ve Doğrulaması

Yukarıda sözü edilen ve uygulanan işlemler ile elde edilen;

- 1984 ve 2003 yılı arazi desenleri,
- Geçiş güçlendiren etmenler ve
- Bu etmenlerin ağırlıkları,

Bilinen bir yılın tahminlenmesi için TerrSet ortamında bulunan LCM modeline girdi olarak entegre edilmiştir. Bilinen bir yılın tahminlenmesi sayesinde modelin kalibrasyonu yapılabileceğinden, öncelikle tüm bu girdiler yardımıyla 2014 yılı orman alanı tahmini gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).

LCM modelinin 2014 yılı için çalıştırılmasını takip eden aşamada ise Şekil 5'de verilmiş "tahmini" ve Şekil 3 (c)'de verilmiş "bilinen" arazi kullanım haritalarının bir arada değerlendirilmesi ile modelin kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon sonucu Şekil 6'da verilmektedir.

Şekil 6'da verilen çalışma kalibrasyonunda kırmızı renkli bölgeler iki yılda da (1984 ve 2003) değişimin olduğunu; fakat modelin bu değişimi kaçırdığını, sarı renkli bölgeler ilk yıl değişimin

olduğunu fakat ikinci yılda değişimin olmadığını bu durumda modelin yanlış alarm ürettiğini; yeşil renkli bölgeler ise iki yılda da değişimin gerçekleştiğini göstermektedir. Yapılan bu alt model ile kalibrasyon gerçekleştirildikten sonra gelecek bir yılın orman ve orman-dışı arazi kullanım haritasının üretilmesi aşamasına geçilmiştir.

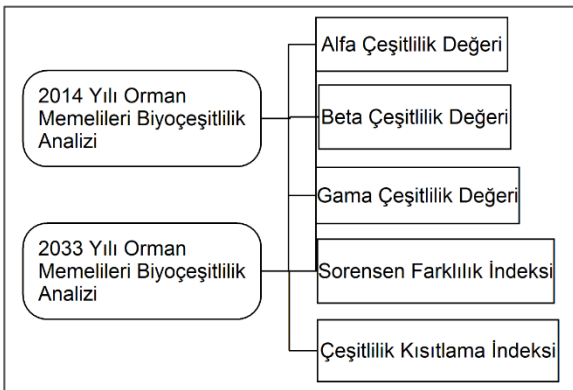
Gelecek Yıla Ait Tahminin Gerçekleştirilmesi

Gelecek orman alanı analizi için tasarlanmış ve kalibre edilmiş LCM modeli kullanılmıştır. 2033 yılı için tahminlenmiş orman alanı haritası Şekil 7'de gösterilmektedir. Orman alanlarının 2033'e kadar yaşayacağı hassasiyet haritası ise Şekil 8'de verilmektedir.

Çalışma alanına ait 1984, 2003, 2014 (bilinen ve model ile tahmin edilen) ile tahmini 2033 yıllarına ait orman ve orman dışı alan büyüklükleri Tablo 1'de verilmektedir.

HBM ile Biyoçeşitlilik Analizinin Gerçekleştirilmesi

2014 yılı ve 2033 yılına ait orman alanlarının önceki aşamalarda tespit edilmesi üzerine bu alanlarda bulunan memeli türlerinin mekansal bazda biyoçeşitliliğine yönelik analiz aşamasına geçilmiştir. Analize ait yöntem basamakları Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 9: 2014 ve tahmini 2033 yılı orman biyoçeşitliliğine yönelik çalışma basamakları.

Figure 9: The methodology steps of habitat and biodiversity analysis for 2014 and 2033.

2014 Yılına Analiz Edilmesi

Çalışmada, 2014 yılı orman alanlarında bulunan ve sayısı 48'i bulan tehlike altındaki memeli türü esas alınmıştır. Şekil 3 (c)'deki 2014 yılı ormanına ait memeliler ve yaşadıkları habitatların büyüklüklerine ait liste Tablo 2'de belirtilmektedir.

2014 yılı için yapılacak analizde, HBM'de üç girdi kullanılmıştır. Bunlar: (1) 2014 yılına ait ve tüm türlerin bir arada bulunduğu (Tablo 2) vektörel veri; (2) türlere ait vektörel verinin yersel rasterizasyonu için kullanılacak kabartma haritası ve (3) su yüzeyi gibi öğelerin modele dahil olmaması için bu yüzeylerin maskelendiği ikili lejanta sahip mask veri.

Türlere ait vektörel verinin rasterizasyonu için kullanılacak referans veri içinse, sayısal yükseklik modeli kullanılarak ArcGIS ortamında türetilen kabartma haritasından yararlanılmıştır. HBM analizi için Fokal Zon opsiyonu kapsamında, zon yarıçapı yaklaşık 7 km olarak belirlenmiştir. Genelde fokal zon yarıçapı, dairesel bir zon tarafından çevrelenmiş her pikseldeki tür kompozisyonunun incelenmesi için geniş tutulmalıdır. Fakat bu genişlik arttıkça yazılımın veri işleme hızı oldukça azalmaktadır. Bu sebeple hem hızın hem de piksellerin incelenebilirliğinin sağlanabilmesi için optimum yarıçap 7 km seçilmiştir.

HBM'de yapılan tüm bu işlemlerin sonunda model çıktısı olarak alfa, beta ve gama çeşitlilik değeri haritaları ile Sorensen Farklılık indeksi ve Çeşitlilik Kısıtlama indeksi haritaları oluşturulmuştur. 2014 yılına ait spatial orman biyoçeşitliliği analizi Şekil 10 (a); (b); (c); (d) ve (e) arasında verilmektedir.

Alfa çeşitlilik değerleri ve bu değerlerin yer aldığı alanların büyüklükleri ise Tablo 3'te gösterilmektedir.

2033 Yılına Analiz Edilmesi

2014 yılının HBM analizi bittikten sonra 2033 yılı analizine geçilmiştir. 2033 yılının tahminlenmiş orman alanının (Şekil 8) içinde bulunan memeli türleri ve yaşadıkları habitatların büyüklükleri, memeli türlerine ait vektörel verinin

orman alanına göre kesilmesi ile elde edilmiş olup değerler Tablo 4'te verilmektedir.

2014 yılına ait orman alanı verisinin biyoçeşitlilik değerlendirmesini takip eden aşamada 2033 yılına ait analiz gerçekleştirileceği yeni durumda, HBM modelinde; kompozit poligon verisi olarak 2033 yılı tahmini orman alanı memelilerini gösteren vektör haritası seçilmiş ve referans verisi içinse sayısal yükseklik modeli kullanılarak ArcGIS ortamında türetilen ve 2014 analizinde de kullanılan kabartma haritasından yararlanılmıştır. Analiz için yine Fokal Zon opsiyonu seçilmiş ve zon yarıçapı aynı şekilde yaklaşık 7 km olarak belirlenmiştir.

HBM'de yapılan tüm bu işlemlerin sonunda model çıktısı olarak 2014 yılı analizinde olduğu gibi alfa, beta ve gama çeşitlilik değeri haritaları ile Sørensen Farklılık indeksi ve Çeşitlilik Kısıtlama indeksi haritaları oluşturulmuştur. 2033 yılına ait tahmini spatial orman biyoçeşitliliği analizi Şekil 11 (a); (b); (c); (d); (e) ile verilmektedir.

Alfa çeşitlilik değerleri ve bu değerlerin yer aldığı alanların 2033'deki büyüklükleri ise Tablo-5'de gösterilmektedir.

Lokasyonel tür zenginliğinin simgesi alfa çeşitlilik değerlerinin 2014 ve 2033 yıllarına ait değişimi ayrıca Şekil 12'de daha çarpıcı bir şekilde verilmektedir.

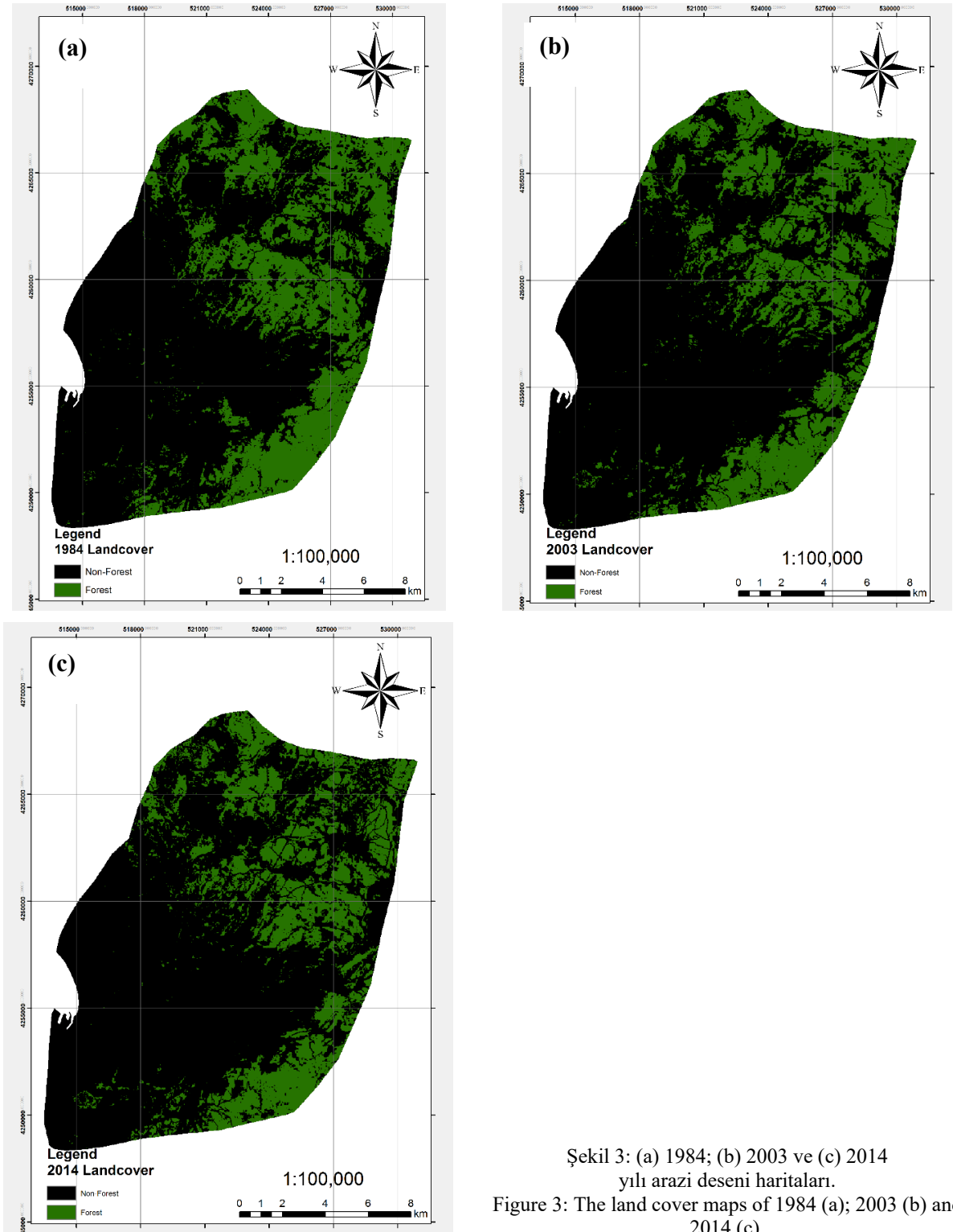
Sonuçlar

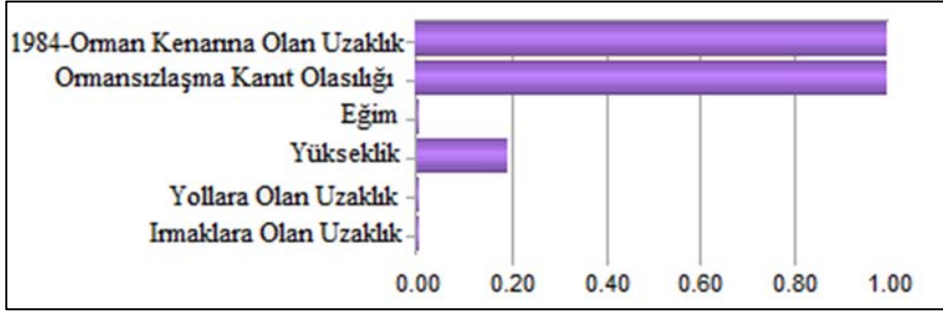
Yapılan çalışmada görüldüğü üzere orman alanları 2033 yılı gelecek tahminlemede oldukça azalmaktadır. 1984 yılında Bornova toplam alanının yaklaşık %30.4'ünü; 2014 yılında ise %24.45'ini oluşturan orman alanları, yıl 2033'e gelindiğinde çarpıcı bir şekilde %17.94'e gerileyecektir. Bu durum orman ekosistemlerinde yaşayan memeli türlerinin yaşam alanlarının da daralmasına neden olacaktır.

Memeli türlerinin yaşadıkları nişlere bakıldığında, 2014-2033 yılları arasındaki orman alanlarının azaldığı geçişte, en çok alansal kaybın Cüce avurtlakta (*Cricetulus migratorius*) (%46.5), Blasius nalburunlu yarasasında (*Rhinolophus blasii*) (%23.33), Uzunayaklı yarasada (*Myotis capaccinii*) (%36.82), Buldog yarasada (*Tadarida teniotis*) (%36.27) ve Bıyıklı siyah yarasada (*Myotis mystacinus*) (%37.57) görüleceği tespit edilmiştir. Çalışmada yapılan yersel-bazda istatistiksel analizlerde ise sadece niş büyüklüğünün azalmadığı; ayrıca lokasyon (piksel) temelinde zenginliğin azalacağı öngörülmektedir. Lokasyonel zenginlik ölçüsü olan alfa çeşitliliğinin 2014'ten 2033'e alansal bazda %41 oranında azalacağı, beta çeşitliliğinin azalmasının ise lokasyonlar arasındaki tür kompozisyon farklılığının azalması ile sonuçlanacağı çalışma sonuçlarından anlaşılmaktadır. Bölgesel (tabiatsal) çeşitliliğin (gama çeşitliliği) yüksek olduğu bölgeler ise 2033 yılında orman alanlarının azalması ile yerini yerleşim ve tarım alanlarına vereceğinden ötürü zenginliğini kaybedecektir. Çeşitlilik kısıtlama indeksinin de 2033 yılında önemli değişikliklere uğrayacağı, sonuç haritalardan tespit edilmektedir. Endemizm yani bir memeli türünün yalnızca belirli bölgede yaşaması durumunu etkileyen bu indeksin negatif yönde azalacağı 2033 yılında, Bornova ormanlarında memeli türlerinin habitatlarının oldukça olumsuz yönde etkileneceği de çalışmadan çıkarılacak diğer bir sonuçtur.

Teşekkür

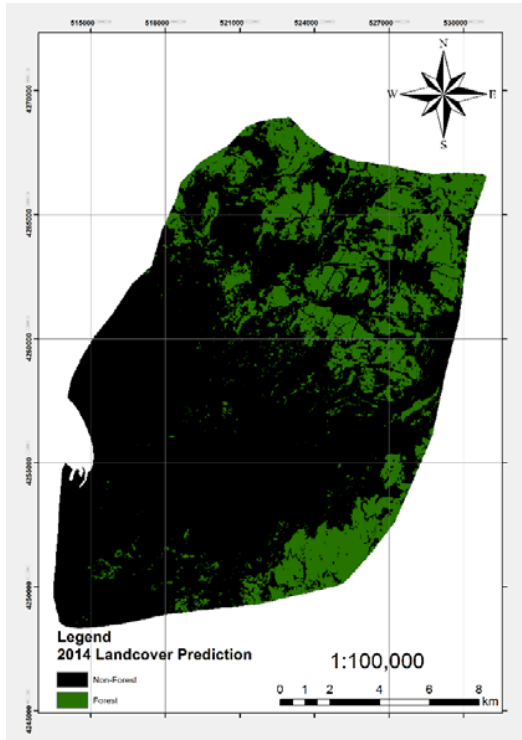
Bu çalışma, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı bünyesinde verilen *Biyolojik Zenginliklerimiz ve Korunması* adlı ders kapsamında gerçekleştirildiğinden dolayı Prof. Dr. Tuncer KATAĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.



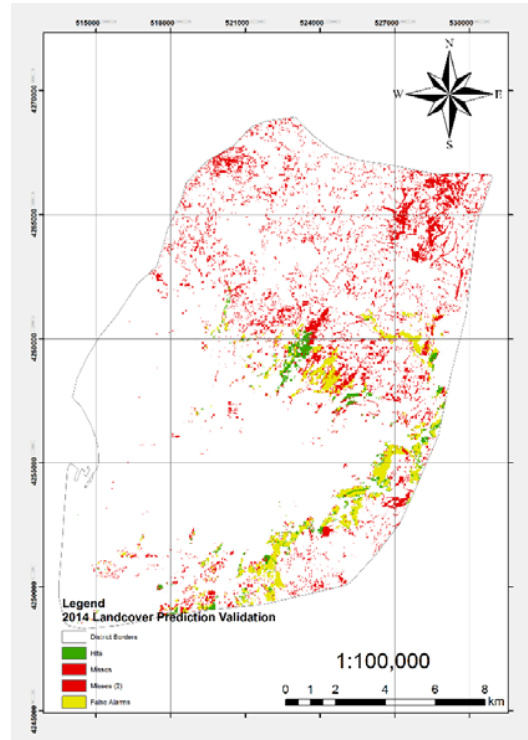


Şekil 4: Geçiş güçlendiren etmenlerin ağırlıkları.

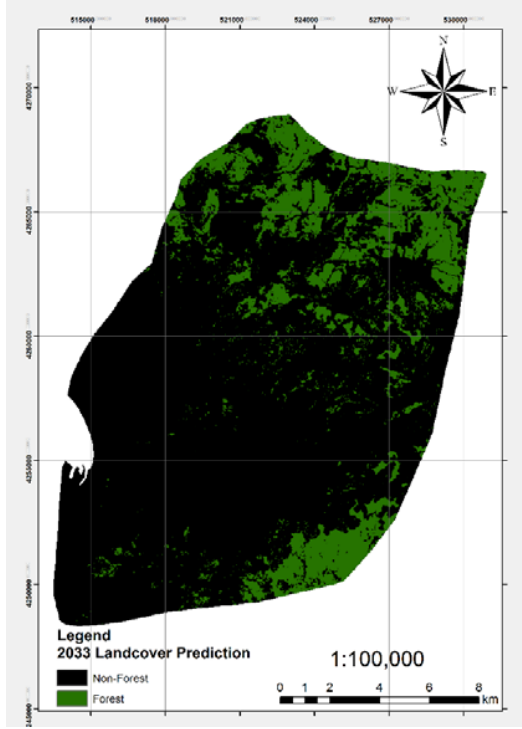
Figure 4: Weights of driver variables.



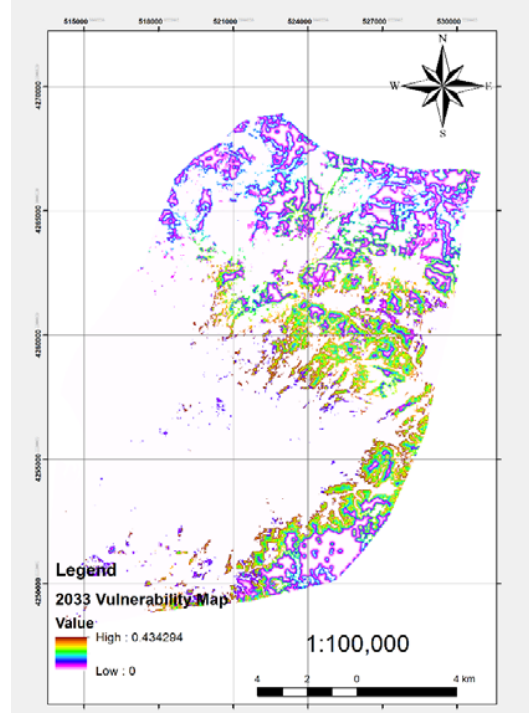
Şekil 5: 2014-tahmini arazi deseni haritası.
Figure 5: Predicted land cover map for 2014.



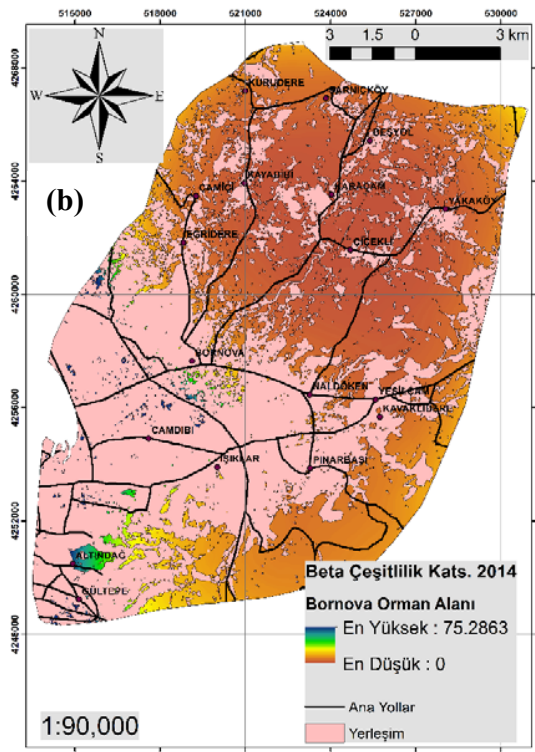
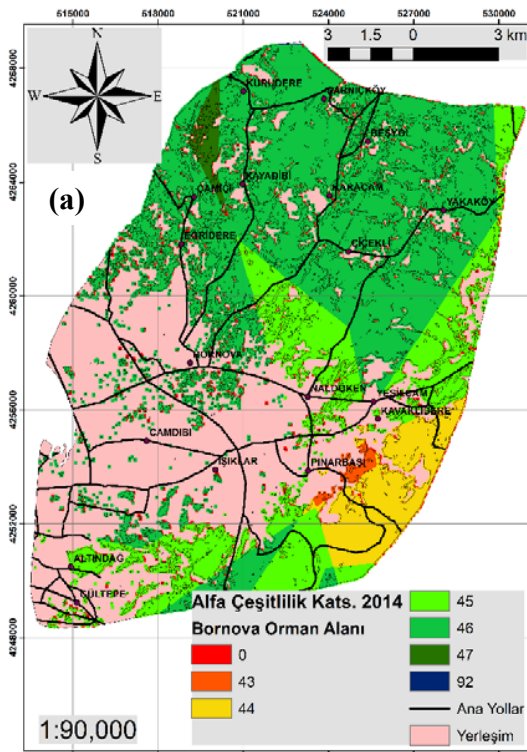
Şekil 6: LCM modelinin kalibrasyonu.
Figure 6: Validation of LCM.

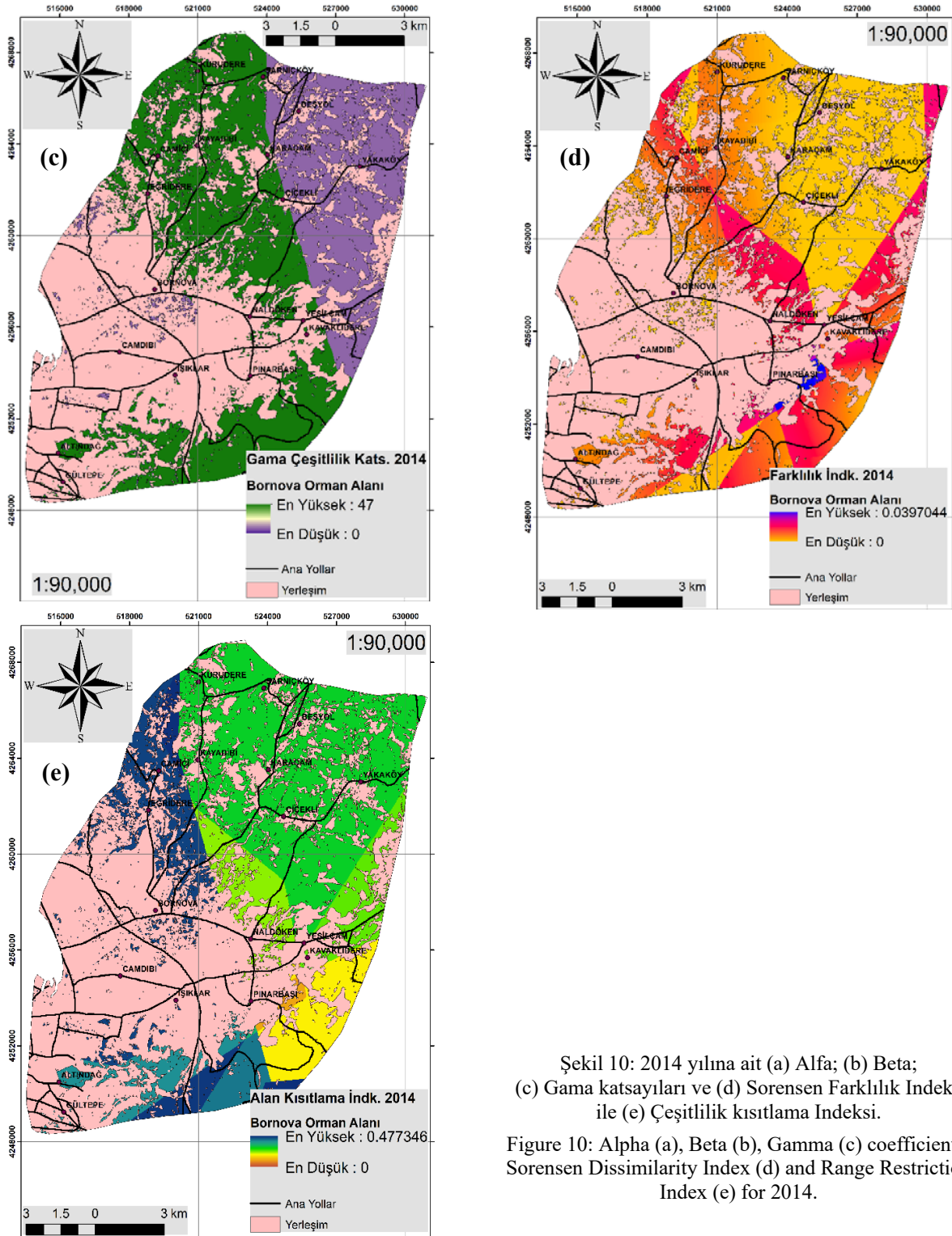


Şekil 7: 2033 yılı tahmini arazi deseni.
Figure 7: Land cover prediction for 2033.



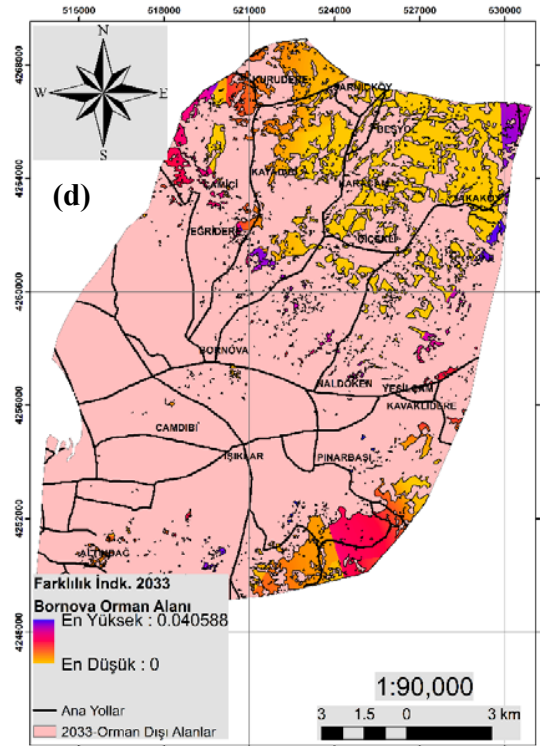
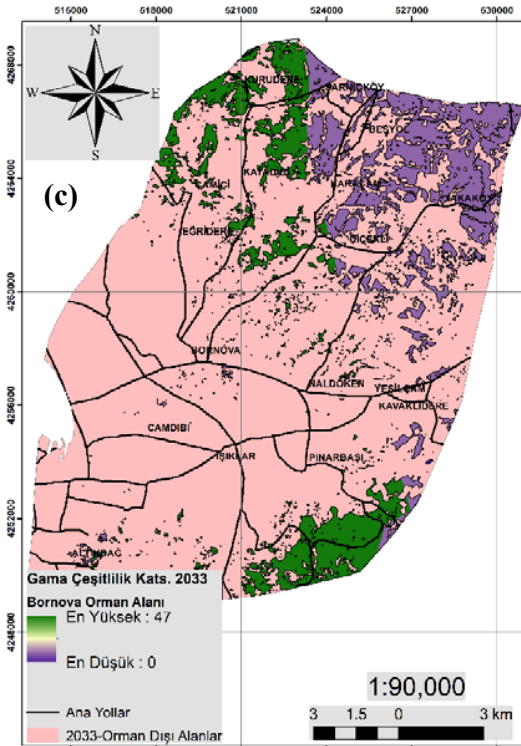
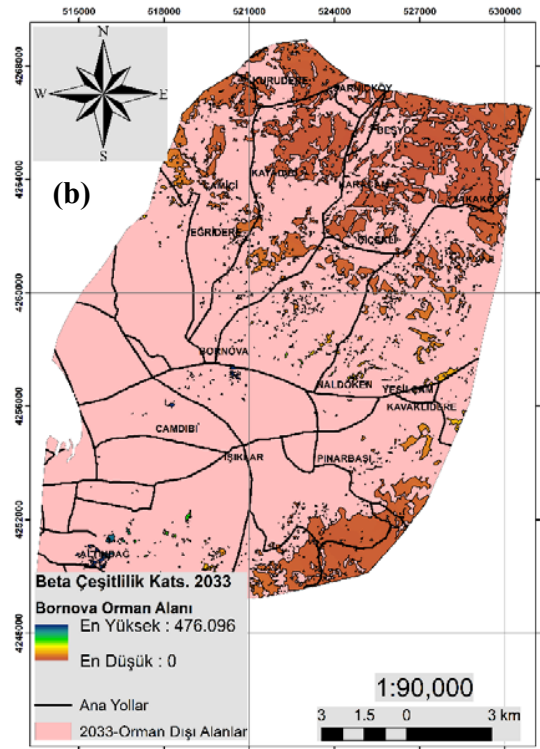
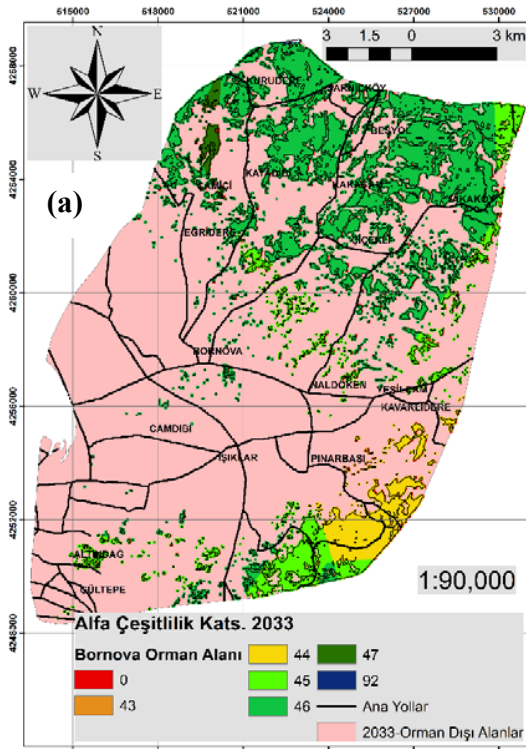
Şekil 8: 2033-orman alanı hassasiyet haritası.
Figure 8: The vulnerability map of forested areas till 2033.



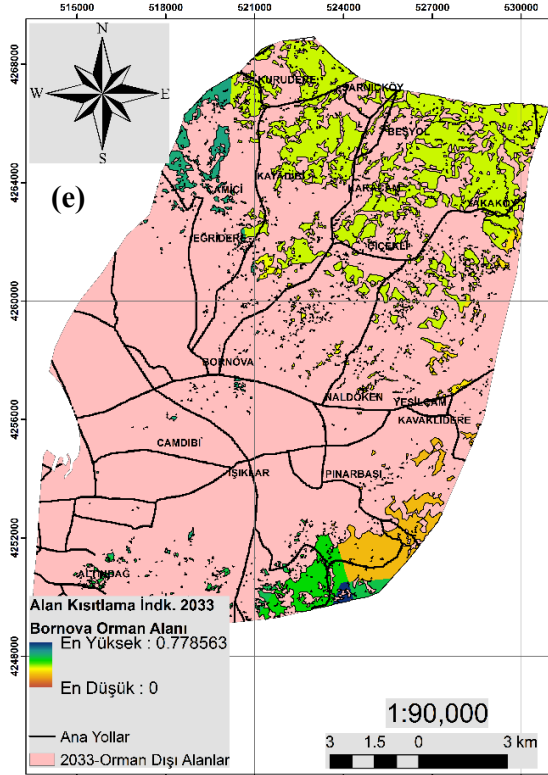


Şekil 10: 2014 yılına ait (a) Alfa; (b) Beta; (c) Gama katsayıları ve (d) Sorensen Farklılık İndeksi ile (e) Çeşitlilik kısıtlama İndeksi.

Figure 10: Alpha (a), Beta (b), Gamma (c) coefficients; Sorensen Dissimilarity Index (d) and Range Restriction Index (e) for 2014.

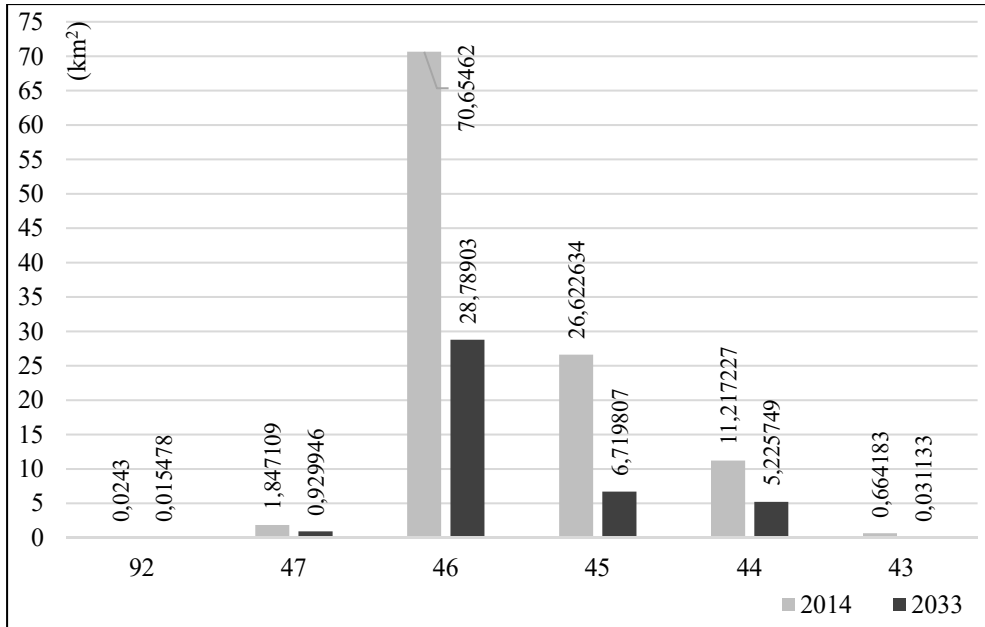


Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri ile Değerlendirilen Ormansızlaşma Kaynaklı Arazi Değişimi
Altında Günümüz ve Gelecek Orman Biyoçeşitliliğinin Analizi: Bornova, İzmir Örneği
*Remote Sensing and Geographic Information Systems-based Evaluation of Current and Future Forest Biodiversity
Under Deforestation-based Landuse Change: The Case Study for Bornova, İzmir*



Şekil 11: 2033 yılına ait (a) Alfa; (b) Beta; (c) Gama katsayıları ve (d) Sorensen Farklılık İndeksi ile (e) Çeşitlilik kısıtlama İndeksi.

Figure 11: Alpha (a), Beta (b), Gamma (c) coefficients; Sorensen Dissimilarity Index (d) and Range Restriction Index (e) for 2033.



Şekil 12: Alfa çeşitlilik değerinin 2014 ve tahmini 2033'deki durumu.

Figure 12: Alpha diversity measurements' comparison of 2014 and 2033.

Tablo 1: Sözü edilen yıllara ait arazi deseni büyüklükleri.

Table 1: The area of forested and non-forested land covers in years.

Yıl	Orman (ha)	Orman-Dışı (ha)
1984	7436.54	17023.61
2003	6543.35	17916.80
2014	5980.79	18479.36
2014 (Tahminlenmiş)	5609.63	18850.52
2033 (Gelecek Tahmini)	4389.57	20070.58

Tablo 2: 2014 yılı orman alanlarında bulunan tehlike altındaki orman memelileri ve habitat büyüklükleri.

Table 2: The endangered mammals in the forested areas for 2014.

Adı	(ha)	Adı	(ha)	Adı	(ha)
Sarıboyunlu Orman Faresi	11604.06	Bayağı su samuru-Lutra lutra	11604.06	Beyazseritli Yarasa	11604.06
Kayalık Faresi	11604.06	Kaya Sansarı	11604.06	Cüce Yarasa	11604.06
Orman Faresi	11604.06	Porsuk	11604.06	Göçmen Sıçan	11604.06
Altın Çakal	11604.06	Anadolu Çölfaresi	11604.06	Sıçan	11604.06
Kurt	11604.06	Akdeniz Tarlafaresi	11604.06	Blasius Nalburunlu Yarasa	3162.45
Karaca	11604.06	Avrupa Çam Sıçanı	88.51	Akdeniz Nalburunlu Yarasa	11604.06
Kızıl Geyik	11604.06	Sarı Ev Faresi	11604.06	Büyük Nalburunlu Yarasa	11604.06
Cüce Avurtlak	8601.53	Ev Faresi	11604.06	Küçük Nalburunlu Yarasa	11604.06
Kır Sivri Faresi	11604.06	Bayağı Gelincik	11604.06	Mehely Nalburunlu Yarasa	11604.06
Bahçe Sivri Faresi	11604.06	Bıyıklı Kahverengi Yarasa	11604.06	Sincap	11604.06
Orman Yediuyuru	11604.06	Küçük Farekulaklı Yarasa	11604.06	Anadolu Körfaresi	11604.06
Akdeniz Geniş Kanatlı Yarasa	11604.06	Uzunayaklı Yarasa	11449.05	Cüce Böcekçil	11604.06
Geniş Kanatlı Yarasa	11604.06	Kirpikli Yarasa	11604.06	Yabandomuzu	11604.06
Ak Göğüslü Kirpi	11604.06	Büyük Farekulaklı Yarasa	11604.06	Buldog Yarasa	9183.93
Hint oklu kirpisi	11604.06	Bıyıklı Siyah Yarasa	8853.54	Bozayı	11604.06
Bayağı tavşan	11604.06	Saçaklı Yarasa	11604.06	Kızıl Tilki	11604.06

Tablo 3: 2014 yılı Alfa çeşitlilik değerleri ve alan büyüklükleri.

Table 3: Alpha diversity classifications and areas for 2014.

Alfa Çeş. Değerleri ve Anlamları	Büyüklük (km ²)
92-Tür zenginliği en fazla	0.0243
47-Tür zenginliği fazla	1.847109
46-Tür zenginliği iyi	70.65462
45-Tür zenginliği orta	26.622634
44-Tür zenginliği az	11.217227
43-Tür zenginliği en az	0.664183

Tablo 4: 2033 yılı tahmini orman alanlarında bulunan tehlike altındaki orman memelileri ve habitat büyüklükleri.

Table 4: The endangered mammals in the forested areas for estimated 2033.

Adı	(ha)	Adı	(ha)	Adı	(ha)
Sarıboyunlu Orman Faresi	4342.61	Bayağı su samuru	4342.61	Beyazseritli Yarasa	4342.61
Kayalık Faresi	4342.61	Kaya Sansarı	4342.61	Cüce Yarasa	4342.61
Orman Faresi	4342.61	Porsuk	4342.61	Göçmen Sıçan	4342.61
Altın Çakal	4342.61	Anadolu Çölfaresi	4342.61	Sıçan	4342.61
Kurt	4342.61	Akdeniz Tarlafaresi	4342.61	Blasius Nalburunlu Yarasa	737.86
Karaca	4342.61	Avrupa Çam Sıçanı	72.29	Akdeniz Nalburunlu Yarasa	4342.61
Kızıl Geyik	4342.61	Sarı Ev Faresi	4342.61	Büyük Nalburunlu Yarasa	4342.61
Cüce Avurtlak	4000.54	Ev Faresi	4342.61	Küçük Nalburunlu Yarasa	4342.61
Kır Sivri Faresi	4342.61	Bayağı Gelincik	4342.61	Mehely Nalburunlu Yarasa	4342.61
Bahçe Sivri Faresi	4342.61	Bıyıklı Kahverengi Yarasa	4342.61	Sincap	4342.61
Orman Yediuyuru	4342.61	Küçük Farekulaklı Yarasa	4342.61	Anadolu Körfaresi	4342.61
Akdeniz Geniş Kanatlı Yarasa	4342.61	Uzunayaklı Yarasa	4215.73	Cüce Böcekçil	4342.61
Geniş Kanatlı Yarasa	4342.61	Kirpikli Yarasa	4342.61	Yabandomuzu	4342.61
Ak Göğüslü Kirpi	4342.61	Büyük Farekulaklı Yarasa	4342.61	Buldog Yarasa	3331.47
Hint oklu kirpisi	4342.61	Bıyıklı Siyah Yarasa	3326.66	Bozayı	4342.61
Bayağı tavşan	4342.61	Saçaklı Yarasa	4342.61	Kızıl Tilki	4342.61

Tablo 5: 2033 yılı Alfa çeşitlilik değerleri ve alan büyüklükleri.

Table 5: Alpha diversity classifications and areas for 2033.

Alfa Çeş. Değerleri ve Anlamları	Büyüklik (km²)
92-Tür zenginliği en fazla	0.015478
47-Tür zenginliği fazla	0.929946
46-Tür zenginliği iyi	28.78903
45-Tür zenginliği orta	6.719807
44-Tür zenginliği az	5.225749
43-Tür zenginliği en az	0.031133

REFERANSLAR

- Bakr, N., Weindorf, D. C., Bahnassy, M. H., Marei, S. M., El-Badawi, M. M., 2010. 'Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data'. *Applied Geography*, Vol. **30**, No. 4, doi:10.1016/j.apgeog.2009.10.008, 592-605.
- Carey, P. D., 2005. 'A review of research into the environmental impacts of arable cropping systems for biofuels and crops used for biomass'. *Literature review for EEA study contract EEA/EAS/03/004. Report*, CEH, Centre for Ecology & Hydrology. Monks Wood Huntingdon, UK.
- CBD, 1992. *Convention on Biological Diversity: Text and Annexes*. The Interim Secretariat for the CBD. Geneva Executive Centre, Geneva.
- Christian, D. P., Niemi, G. J., Hanowski, J. M., Collins, P., 1994. 'Perspectives on biomass energy tree plantations and changes in habitat for biological organisms'. *Biomass and Bioenergy* **6**, 31-39.
- Cook, J., Beyea, J. Jan., 2000. 'Bioenergy in the United States: Progress and possibilities'. *Biomass and Bioenergy* **18**, 441-455.
- Doygun, N., Erdem, Ü., 2012. 'Bornova İlçesi'nde Alan kullanım potansiyeli ile Alan kullanım yapısı arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi'. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi* **2** (5): 141-150
- Eastman, J. R., 2015a. *Terrset Manual*. Clark Labs, Clark University.
- Eastman, J. R., 2015b. *Terrset Tutorial*. Clark Labs, Clark University.
- FAO, 2000. *Global Forest Resources Assessment 2000*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO, 2010. *Global Forest Resources Assessment 2010*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fleming, R., Kanowski, P., Brown, N., Jenik, J., Kaumbu, P., Plesnik, J., Devisscher, T., 2011. *Emerging perspectives on forest biodiversity*. UNEP Year Book. 46-59.
- Herold, M., Román-Cuesta, R. M., Mollicone, D., Hirata, Y., Laake, P. V., Asner, G. P., Souza, C., Skutsch, M., Avitabile, V., MacDicken, K., 2011. *Options for monitoring and estimating historical carbon emissions from forest degradation in the context of REDD+*. Carbon Balance and Management.
- IUCN, 2010. *Plants under pressure – a global assessment*. The first report of the IUCN Sampled Red List Index for Plants. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, Natural History Museum, London, and International Union for Conservation of Nature.
- UNCCD & Joint Liaison Group of the Rio Conventions, 2007. *Forest-Climate Change, Biodiversity and Land Degradation*. United Nations Secretariat of the Convention to Combat Desertification (UNCCD), and United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), United Nations.
- Katağan, T., 2015. *Biyolojik Çeşitlilik Ders Notları*. Çevre Bilimleri, Ege Üniversitesi
- Lawler, J. J., Lewis, D. J., Nelson, E., Plantingad, A. J., Polasky, S., Witheyf, J. C., Helmers, D. P., Martinuzzi, S., Pennington, D., Radeloff, V. C., 2014. 'Projected land-use change impacts on ecosystem services in the United States'. PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences), May 20, vol. 111 no. 20.
- Lysen, E., Egmond, S. (eds.), Dornburg, V., Faaij, A., Verweij, P., Banse, M., Diepen, K., Keulen, H., Langeveld, H., Meeusen, M., Ven, G., Wester, F., Alkemade, R., Brink, B., Born, G. J., Oorschot,

- M., Ros, J., Smout, F., Vuuren, D., Wijngaart, R., Aiking, H., Londo, M., Mozaffarian, H., Smekens, K., 2008. *Biomass Assessment Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy: Inventory and analysis of existing studies-Supporting document*. Netherlands Research Programme on Scientific Assessment and Policy Analysis for Climate Change (WAB).
- Matthews, E., Payne, R., Rohweder, M., Murray, S., 2000. *Forest Ecosystems*. World Resources Institute, ISBN: 1-56793-459-3.
- Newbold, T. vd., 2014. 'A global model of the response of tropical and sub-tropical forest biodiversity to anthropogenic pressures'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* DOI: 10.1098/rspb.2014.1371
- Sangermano, F., Eastman, J. R., Zhu, H., 2010. 'Similarity Weighted Instance-based Learning for the Generation of Transition Potentials in Land Use Change Modeling'. *Transactions in GIS* **14** (5): 569–580.
- Schmitt, C.B., Burgess, N.D., Coad, L., Belokurov, A., Besançon, C., Boisrobert, L., Campbell, A., Fish, L., Gliddon, D., Humphries, K., Kapos, V., Loucks, C., Lysenko, I., Miles, L., Mills, C., Minnemeyer, S., Pistorius, T., Ravilious, C., Steininger, M. and Winkel, G., 2009. 'Global analysis of the protection status of the world's forests'. *Biological Conservation*, **142** (10), 2122-2130.
- Sepkoski Jr., J.J., 1988. 'Alpha, beta, or gamma: where does all the diversity go?' *Paleobiology*. **14** (3), 221-2340.
- The University of Arizona, "Similarity measures". <http://ag.arizona.edu/classes/rnr555/lecnotes/10.html> (Son Erişim Tarihi: 11.06.2016)
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D., Swackhamer, D., 2001. 'Forecasting agriculturally driven global environmental change'. *Science* **292**, 281-284.
- United Nations, 1992. *Convention on Biological Biodiversity*.
- Whittaker, R. H., 1960. 'Vegetation of the Siskiyou Mountains: Oregon and California' *Ecological Monographs*, **30**, 279-338.
- Whittaker, R. H., 1972. 'Evolution and measurement of species diversity'. *Taxon*, **21**, 213-251.
- Whittaker, R. H., 1975. *Communities and Ecosystems: 2nd ed*. Macmillan. New York.
- Whittaker, R. H., 1977. 'Evolution of species diversity in land communities'. *Evolutionary Biology*, **10**, 1-67.