

ORMAN EKOSİSTEM ÇEŞİTLİLİĞİ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI İÇİN EKOLOJİK ALAN ÇEŞİTLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

Kürşad ÖZKAN

SDÜ Orman Fakültesi, Orm. Müh. Böl., 32260, ISPARTA
kozkan@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesi için biyolojik çeşitliliğin (tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik) ve genetik çeşitliliğin (taksonomik çeşitlilik) belirlenmesi gerekmektedir. Tür çeşitliliği alfa, beta ve gama düzeyinde belirlenmektedir. Yapısal çeşitliliğin hesabında boyutsal ölçüm farkınsallığı, türlerin mekânsal dağılım düzeni, tür karışım durumu oldukça değerli bilgiler vermektedir. Fonksiyonel çeşitlilik türlerin fonksiyonel benzemezlüklerin toplamı olarak belirlenmektedir. Taksonomik çeşitlilik türlerin sistematik sınıflandırmasını içerdiğinden bu sınıflandırma genetik mesafe anlamını taşımaktadır. Farklı çeşitlilik sınıfların belirlenmesi ve bunlarının standardize verileri üzerinden tek değer hesabı bu durumda bize ekosistem çeşitliliğini belirlemek için ekolojik alan çeşitlilik değerini vermiş olacaktır. Bu çalışma ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesi için tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik, fonksiyonel çeşitlilik ve taksonomik çeşitlilik alanlarında kullanılan bazı indisler hakkında bilgi vermek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çeşitlilik indislerin standardize edilmiş değerleri üzerinden ekosistem çeşitliliğini belirlemeye yönelik ekolojik alan çeşitlilik değeri hesabı ise bu makalede önerilmiştir. Bu değer, ekosistemlerin enerjisini, sağlık durumunu, sürdürülebilirlik durumunu ve dayanımını toplu olarak ifadesi açısından önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Ekosistem ve tür çeşitliliği, Yapısal çeşitlilik, Fonksiyonel çeşitlilik

A SUCCESSION FOR DETERMINATION OF ECOLOGIC AREA DIVERSITY INDEX FOR FOREST ECOSYSTEM DIVERSITY MAPPING

ABSTRACT

Biodiversity (species diversity, structural diversity and functional diversity) and genetic diversity (taxonomic diversity and/or taxonomic differentiation) have to be calculated in order to define ecosystem diversity. Species diversity is calculated at the level of alpha, beta and gamma. Dealing with calculation of structural diversity, size differentiation, contagion, species mingling give valuable information. Functional attribute diversity is the sum of the pairwise functional dissimilarities of species. Taxonomic diversity based on systematic species classification can be recognized as genetic diversity. This article was written to give information about some important indices including species diversity, structural diversity, functional diversity and genetic diversity in order to define ecological area diversity intended for identification of ecosystem diversity. Obtained a numerical value from standardized values of all kind of diversities for a given sample plot, was suggested as ecological area index for calculation of ecosystem diversity in the study. This value is very important to summarize performance, healthy, sustainability and resilience of ecosystems.

Keywords: Ecosystem and species diversity, Structural diversity, Functional diversity

1. GİRİŞ

Ekosistem çeşitliliği, verimliliği, dinamizmi, dayanımı ve sürdürülebilirliği ifade etmektedir. Bir ekosistemin bünyesinde barındırdığı canlılar ne kadar çeşitli ve bu bunların dağılımı ne kadar dengeli ise, o ekosistemin kirletici kaynaklar ve yangın gibi zararlara karşı dayanımı ve esneme kapasite (değişimden zarar görmeme ihtimali) o derece fazladır, devamlılığı ve sağlığı o kadar garanti altındadır. Bir ekosistemin sahip olduğu çeşitlilik doğrudan ve dolaylı olarak karbon tutumunu sağlamakta, küresel iklim değişiminin olumsuz etkilerinin tamponlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Gerek biyolojik çeşitlilik sözleşmesi ve gerekse Kyoto protokolü ekosistem çeşitliliğinin korunması ve geliştirilmesi hedeflerini içermektedir. Bu bağlamda yakın gelecekte bütün ülkeler ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesi, nelerin ekosistem çeşitliliğine etkide bulunduğunun anlaşılması, ekosistem çeşitliliğinin haritalanması ve ekosistem çeşitliliğinin izlenmesi hususlarındaki her türlü çalışmaya öncelik vermek durumunda kalacaklardır. Türkiye için de durum farklı değildir. Bu bağlamda özellikle araştırmacıların cevap arayacağı soru, ekosistem çeşitliliğinin nasıl belirleneceği olacaktır.

Biyolojik çeşitliliğin genetik ve ekosistem çeşitliliğini kapsayarak ifadelendirildiğini birçok kaynakta görmek mümkündür. Aynı ifadelendirmeyi tarafımızdan tür çeşitliliği üzerine yazılmış bir makalede de görmek mümkündür (Gülsoy ve Özkan, 2008). Ne var ki, bir ekosistem biyolojik ve genetik kaynaklardan ve bunların yaşam ortamlarından oluşur ve bunlar arasındaki karşılıklı etki ve ilişkileri ifade eder. Bu durumda biyolojik ve genetik çeşitliliğin ekosistem çeşitliliği içinde ifade edilmesi daha doğrudur. Daha farklı bir şekilde açıklamak gerekirse, ekosistem çeşitliliği canlıların yapı, bileşim, dinamizm ve genetik çeşitliliklerini ve bunları çevresel faktörler ile ilişkilerini nitelendirmek için biyolojik çeşitlilikten daha çok daha geniş bir alanı ifade etmektedir.

Orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitlilik, tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik olarak üç farklı şekilde belirlenmektedir. Genetik çeşitlilik bir türün kendi bireyleri arasındaki genetik farklılıklar şeklinde ifade edilmektedir. Ancak genetik çeşitliliğin ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesi adına işlevlendirilmesi örnek alan bazında pek mümkün değildir. Zira her bir örnek alanda her bir tür için örneklemeye alınan her bir bireye ait genetik veri girdilerinin elde edilmesi çok masraflı ve zordur. Diğer yandan bir örnek alanda bazı türlerin yeterince bulunmaması durumunda her tür için genetik varyasyonun tespit edilememesi durumu söz konusu olacaktır ki bir de buna diğer örnek alanlarda aynı türlerin bulunmama durumu eklendiğinde bütün çeşitlilik girdilerini ekosistem çeşitliliği adına bir potada eritmek mümkün olmayacaktır. Zira örnek alan veri matrisinin bağımlı değişkeninde birçok örnek alan ölçekli çeşitlik verisi (ekolojik alan çeşitlilik girdileri) eksik kalacaktır. Bu durumda ekosistem çeşitliliği adına değerlendirme yapılması mümkün olamayacaktır.

Ancak, genetik çeşitlilik adına taksonomik çeşitliliğinin belirlenmesi ile ekolojik alan çeşitlilik verisinin elde edilmesi önündeki engel kalkmış olur. Taksonomik çeşitlilik türlerin sistematik sınıflandırmaya göre mesafe ölçümleri ile

hesaplanmaktadır. Dolayısıyla taksonomik çeşitliliğin belirlenmesi ile genetik çeşitliliğin temsil edilmesi mümkündür.

Bu çalışmada, biyolojik çeşitlilik olarak tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilikte kullanılan indisler ile genetik çeşitlilik adına taksonomik çeşitlilik indisinin nasıl hesaplanacağı konusunda bilgi vermek amaçlanmıştır. Bu indisler üzerinden ekolojik alan çeşitliliğinin hesabı ise bütün çeşitlik indislerinin standardize verileri üzerinden hesaplanması yaklaşımı ile önerilmiştir. Böylece ekosistem çeşitliliğini belirlemek için örnek alan verileri sağlanmış olacaktır. Bu öneri aynı zamanda, izleme adına ikinci alan envanterinin de bu standartlaştırılmış verilerin örnek alandaki gerçek verilere oranlarının alınmasını da içermektedir. Zira ikinci envantere, bu envanter verilerinin kendi içsel standartlaştırması, ilk envanter durumu ile karşılaştırmayı olanaksız kılmaktadır.

2. BİYOÇEŞİTLİLİK

Giriş kısmında bahsedildiği gibi biyolojik çeşitlilik tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik olarak üç farklı şekilde hesaplanmaktadır. Bunlar alt başlıklar altında aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

2.1. Tür çeşitliliği

Tür çeşitliliği alfa çeşitliliği (α), beta çeşitliliği (β) ve gama (γ) çeşitliliği olarak üç farklı şekilde hesaplanmaktadır. Alfa çeşitliliği örnek alan içi çeşitliliği ifade etmektedir. Beta çeşitliliği örnek alanlar arası çeşitliliği ifade etmektedir. Gama çeşitliliği de toplam çeşitliliği ifade etmektedir. Bu bağlamda arazide örnekleme yaparken bir örnek alan içinde alt örnek alanların alınması gerekecektir. Bilinen klasik alan örnekleme yöntemleri kullanılırsa beta çeşitliliği hesaplanamaz. Bu durumda tür çeşitliliğinin hesaplanması eksik kalır.

Alfa çeşitliliğinin hesabında Shannon-Wiener, Simpson Margalef D, Berger Parker Dominance, McIntosh D, Brillouin D indisleri, Fisher α ve Q istatistiği kullanılmaktadır (Gülsoy ve Özkan, 2008). Alfa çeşitliliği olarak ayrıca tür zenginliğini doğrudan kullanan çalışmalar da bulunmaktadır (Jeglum ve He, 1995; Özkan vd., 2009). Yeri gelmişken bu konu ile ilgili olan SHE analizden bahsetmekte fayda vardır. SHE analizi tür çeşitlik ve zenginliklerinin birbirlerine göre durumunu anlamak için kullanılan bir analizdir. SHE analizinde çeşitlilikteki zenginlik ve bunun dağılımındaki durum tespiti hususunda bilgi sahibi olunabilmektedir. Ancak şu aşamada burada detaylandırılmasına gerek görülmemiştir. Alfa çeşitliliği için en çok kullananlardan biri olan Shannon-Wiener indisi (H) aşağıdaki gibidir.

$$H = - \sum \{p_i \log (p_i)\} \quad (1)$$

Burada, p türlerin oransal değerini ifade etmektedir. Türlerin oransal değerlerinin 'ln' değerleri alınır ve bu değer tür sayısı ile çarpılır. Bütün türlerin 'ln' değerlerinin kendilerine ait sayısı ile çarpımları toplamının negatif çarpım

ORMAN EKOSİSTEM ÇEŞİTLİLİĞİ HARİTALAMA ÇALIŞMALARİ İÇİN EKOLOJİK ALAN ÇEŞİTLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

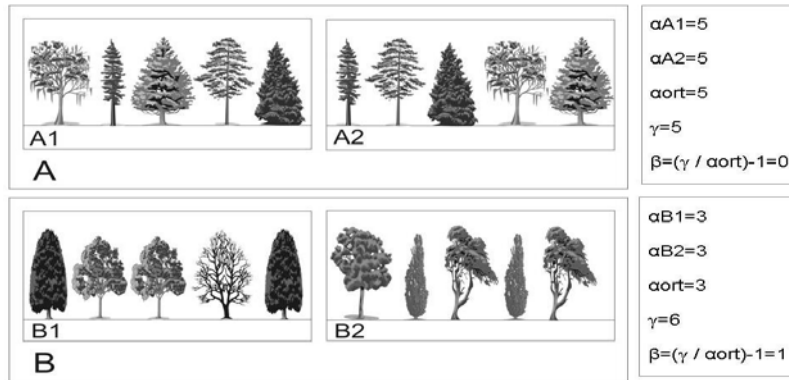
değeri, Shannon-Wiener (H) değerini vermektedir. Beta çeşitliliği için Whittaker'ın β_w indisi) önerilebilir.

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

Burada S toplam tür sayısını ifade ederken (gama çeşitliliği), α ise alfa çeşitliliğini ifade etmektedir (Gülsoy ve Özkan, 2008). Wilson ve Schmida (1984) da en iyi beta indisinin Whittaker'ın β_w indisi olduğunu belirtmiş, kendi geliştirdikleri indislerinde (Wilson ve Schmida'nın β_T 'si) β_w ye çok yakın sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Bunun dışında Cody'nin β_c indisi ve Routledge'nin β_R β_I β_E indisleri beta çeşitliliğinde kullanılmaktadır (Gülsoy ve Özkan, 2008).

Gama çeşitliliği ise alanda bulunan farklı türlerin toplam sayısını ifade etmektedir. Alfa çeşitlilikleri alt örnek alanda hesaplanabilir ve alt örnek alan sayısına bölünerek o örnek alan için temsil edilebilir. Bu durumda ortalama alfa çeşitliliği hesaplanmış olur. Eğer alfa çeşitliliği örnek alan bazında hesaplırsa bu durumda alfa=gama olur. Zaten alfa ve gama çeşitlilik ölçümleri için aynı formüller kullanılmaktadır. Bunlar arasındaki tek fark isimsel farklılık olup, bu durum beta çeşitliliğinin belirlenmesi için ölçek farklılığı olan örnekleme alan boyutlarından kaynaklanmaktadır.

Tür zenginliği bağlamında şekil 2 alfa çeşitliliğini iki örnekle açıklamaktadır. Bunun yanında aynı şekilde beta ve gama çeşitliliklerinin hesabı da açıklamıştır (Şekil 2). Şekil 2 incelenecek olursa A örnek alanındaki alt örnek alanlarda (A1 ve A2) beşer tür bulunmaktadır. Bu durumda hem A1 de hem A2 de tür zenginliği veya alfa beş değerine eşittir. Her iki alt örnek alandaki türlere bakılacak olursa, A1 deki türlerin aynısı A2 de bulunduğu görülür. Bu sebepten beta çeşitliliği sıfır olmaktadır. A örnek alanının gama çeşitliliği ise toplamda beştir çünkü bu örnek alanda beş farklı tür bulunmaktadır. B örnek alanın alt örnek alanları olan B1 ve B2 de üç farklı tür bulunmaktadır. Ancak B1 ve B2 arasında hiç ortak tür bulunmamaktadır. Dolayısıyla B örnek alanında 6 farklı tür (gama=6) vardır. Bu durumda beta çeşitliliği 1 değerine eşittir (Şekil 2).



Şekil 1. Alfa, beta ve gama çeşitliliklerinin hesabı (A ve B iki farklı örnek alan, A1 ve A2, A örnek alanının; B1 ve B2, B örnek alanının; alt örnek alanlarıdır)

2.2. Yapısal çeşitlilik

Yapısal çeşitlilik farklı bakış açıları ile ve farklı değişkenler ile hesaplanmaktadır. Özellikle ekosistemlerin izlenmesi adına yapısal çeşitliliğin envanteri önemlidir. Buna örnek olarak ICP forest web sayfasında da yer alan (<http://www.icp-forests.org/EPbiodiv.htm>; <http://www.forestbiota.org/>) ölü odunu da içine alan 10 Avrupa ülkesi tarafından orman biyolojik çeşitliliğinin izlenmesi için geliştirilen ForestBIOTA isimli projenin değişken ölçüm öneri klavuzu verilebilir. Burada, örnek alan, alt örnek alanlar ve örnekleme noktalarının standartlarını veren ve birçok yapısal çeşitlilik formüllerinin olduğu bir dizi formül bulunmaktadır. Yapısal çeşitlilik ile ilgili Vorčák vd., (2006)'nın yaklaşımı da farklı yapısal çeşitlilik değerleri üzerinden tek bir yapısal çeşitlilik değeri vermesi adına önemli bir çalışmadır. Ancak bu yayındaki sabitler kabullere dayanarak verilmiştir. Kullanılması terci edilebilir. İlgililer bu yayına internetten ulaşılabilir.

Bu makalede yapısal çeşitlilik adına kolay ölçülebilen 3 farklı hesap verilmiştir. Bunlar boyutsal ölçüm farkınsallığı, türlerin mekânsal dağılım düzeni, tür karışım durumu olup hesaplanması en kolay olan yapısal çeşitlilik değişkenleridir.

Bu hesaplamalar örnek alan içinde eşit mesafe ve aralıkta noktalamalar yaparak belirlenebilir. Bu noktalara en yakın ağaç hedef ağaç olarak seçilebilir. Bu hedef ağacın çevresindeki en yakın 3-4 ağaç ile bahsi geçen özellikler aşağıda ilgili değişkenlerde gösterildiği gibi belirlenebilir. Böylece her örnek alan bazında farklı yapısal çeşitlilik değerleri belirlenebilir.

2.2.1. Türlerin mekânsal dağılım düzeni (TMD)

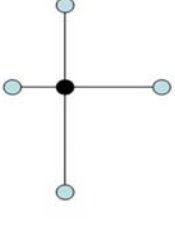
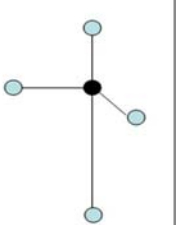
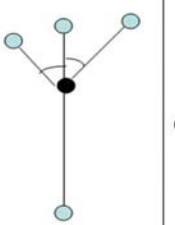
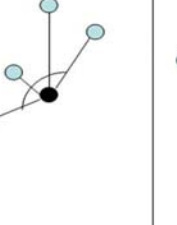
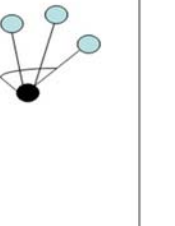
Türlerin mekânsal dağılım düzeni için değişik metotlar kullanılmaktadır. Ripley'in K fonksiyonu en sık kullanılanlardan biridir (Ripley, 1981). Ancak bunun hesabı uzun vakit aldığı için paket program gerektirmektedir. Bununla ilgili paket programlarda mevcuttur. Burada daha hızlı ve basit hesaplanabilecek ve anlaşılabilir olan TMD ölçümü verilmiştir (Şekil 2) (Gadow ve Hui, 1999).

Eğer hedef ağacın etrafındaki ağaçların komşularına olan açısı yaklaşık 90 derece ise (karşılıklı komşu ağaçlar hedef ağacın eksenine oturmuşlar ise) çok düzenli dağılım söz konusudur. Başka bir deyişle komşu ağaçlar hedef ağacın konumu itibarıyla birbirlerine göre yaklaşık dik açı göstererek dağılmışlar ise bu durumda TMD veya W_i değeri "0" sıfırdır ve böyle bir durumda ilgili deneme sahasında türler çok düzenli dağılmaktadır (Şekil 2).

Eğer hedef ağaca göre komşu çiftlerinde sadece 2 si arasında yaklaşık 90 derecelik açı var ise (iki komşu tür hedef ağacın yatay veya düşey düzlemde eksenine oturmuş), diğer çiftlerden biri 90 dereceden fazla (diğeri haliyle 90 dereceden az olacak) açısal değere sahip ise bu durumda W_i 0,25'e eşittir, düzenli dağılım söz konusudur. Eğer iki komşu ağaç hedef ağacın aynı eksenine üzerine oturmuş diğerleri farklı konumda ise bu durumda W_i 0,50 değerini alır ve rastgele dağılım söz konusu olur. Hedef ağaca göre örnek çiftlerinin hiç biri aynı eksene oturmamış fakat en dışta kalan hedef ağaçlar arasındaki açı 90 dereceden fazla ise bu durumda W_i 0,75 olur ve düzensiz dağılım söz konusu olur. Başka bir deyişle, 3 açının her biri 90 dereceden düşük fakat toplamı 90 dereceden büyüktür (Şekil 2).

ORMAN EKOSİSTEM ÇEŞİTLİLİĞİ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI İÇİN EKOLOJİK ALAN ÇEŞİTLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

Hedef ağaca göre örnek çiftlerinin hiç biri aynı eksene oturmamış fakat en dışta kalan hedef ağaçlar arasındaki açı yaklaşık 90 derece veya daha az ise bu durumda W_i 1 olur ve çok düzensiz dağılım söz konusu olur. Yani 3 açının her biri ve toplamı 90 dereceden küçük veya eşittir. Böyle bir durumda komşu ağaçlar hedef ağacın bir yönünde konumlanmışlardır (Şekil 2).

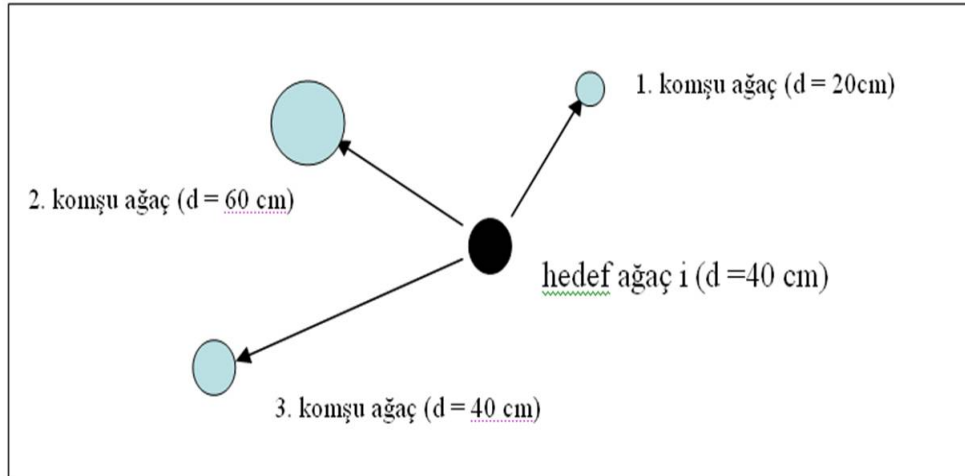
Çok düzenli	Düzenli	Rastgele	Düzensiz	Çok düzensiz
				
$W_i = 0,00$	$W_i = 0,25$	$W_i = 0,50$	$W_i = 0,75$	$W_i = 1,00$
● Hedef ağaç		● Komşu ağaçlar		

Şekil 2. Türlerin mekansal dağılım düzeni için değerler

Bir örnek alanda birden fazla hedef ağaç ve bunlara göre hesaplanan değerlerin ortalaması o örnek alan için TMD değerini verecektir. Diğer yandan bu değerlerin ortalaması yanında varyasyon katsayısı da ayrı bir değişken olarak değerlendirilmesi düşünülebilir.

2.2.2. Boyutsal ölçüm farkınsallığı (BF)

Aşağıdaki şekil çap ölçümlerine dayanmaktadır (Şekil 3). Hedef ağacın göğüs yüzeyi çapı ve ona en yakın 3 üç ağacın (veya daha fazla) göğüs yüzeyi çaplarına göre belirlenen bir değerdir (Gadow ve Hui, 1999).



Şekil 3. Hedef ağaç ve ona en yakın 3 komşu ağacın çap değerleri

Formül ise aşağıdaki gibidir;

$$T_i = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\min(d_i, d_j)}{\max(d_i, d_j)} \quad (3)$$

Burada T_i hedef ağaç i ($i=1 \dots I$) için çapın boyutsal ölçüm farkınsallığını ifade etmektedir ve onun en yakın komşuları j ($j=1 \dots n$), için seçilen en yakın komşu tür sayısı “ n ” ile ifade edilmektedir. Burada T_i 0 ile 1 arasında değer alır. d = göğüs yüksekliği çapıdır (cm)

Şekilde verilen örnekten, Boyutsal ölçüm farkınsallığı= $((1-20/40)+(1-40/40)+(1-40/60))/3=0,5+0+0,5)/3=0,33$ olarak çıkmaktadır.

Boyutsal farklılık için çap ölçümü yerine boy ölçümü de tercih edilebilir. Aynı yaklaşım ile boy üzerinden boyutsal farkınsallık belirlenebilir. Veya çap ve boy için ayrı ayrı işlemler gerçekleştirilebilir.

Diğer yandan, bütün örnek alanlar eğer aynı türü içeriyorsa ve saf ve normal kapalı meşcerelerde çalışılacak ise çap ve boy farkınsallığı hesapları birbirleri ile muhtemelen yüksek korelasyon gösterecektir. Bu durumda ekosistem çeşitliliği hesabından bunlardan sadece birini tercih etmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Böyle bir durumda, çap ölçümlerinin boy ölçümlerine göre daha kolay yapılması sebebiyle tercih edilebilir.

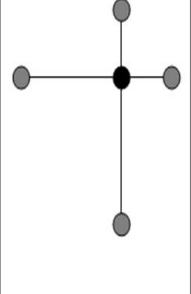
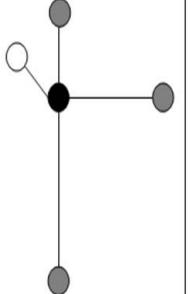
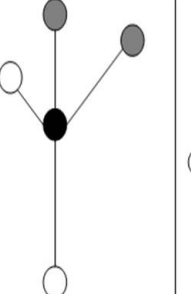
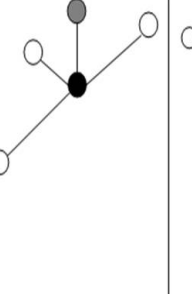
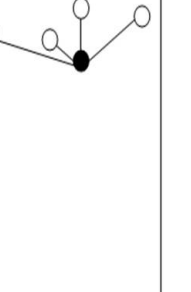
Bir örnek alanda birden fazla hedef ağaç ve bunlara göre hesaplanan değerlerin ortalaması o örnek alan için BF değerini verecektir.

2.2.3. Tür karışımı (TK)

Hedef tür ve onun en yakınında bulunan 4 tür dikkate alınır. Eğer hedef türün komşuları aynı türler ise bu durumda karışım sıfırdır. Eğer bir tanesi farklı ise $M_i=0,25$ olur ve az karışım söz konusudur. Hedef türün komşularında 2 tanesi farklı ise $M_i=0,50$ dir. 3 farklı tür için $M_i=0,75$ değeri alınırken komşu türlerin hepsi hedef türden farklı ise bu durumda $M_i=1$ olur ve çok yüksek karışım söz konusu olur (Şekil 4) (Gadow ve Hui, 1999).

Bir örnek alanda birden fazla hedef ağaç ve bunlara göre hesaplanan değerlerin ortalaması o örnek alan için TK değerini verecektir.

ORMAN EKOSİSTEM ÇEŞİTLİLİĞİ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI İÇİN EKOLOJİK ALAN ÇEŞİTLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

Karışım yok	Çok az karışmış	Orta karışım	Yüksek karışım	Çok yüksek karışım
				
$M_1 = 0,00$	$M_1 = 0,25$	$M_1 = 0,50$	$M_1 = 0,75$	$M_1 = 1$

● Hedef ağaç, ○ Hedef ağaçtan farklı türden olan ağaçlar, ● Hedef ağaç ile aynı türden olan ağaçlar

Şekil 4. Hedef ağaç ve ona en yakın komşu ağaçların farklı türler olma durumuna göre Tür karışımı değerleri

2.3. Fonksiyonel çeşitlilik

Petchey ve Garson (2006) fonksiyonel çeşitlilik üzerine son yıllarda deniz, göl ve kara ekosistemlerinde birçok araştırmanın yapıldığını bildirmişlerdir. Bu sebepten fonksiyonel çeşitliliğin hesaplanmasına birçok yaklaşım bulunmaktadır. Bu konudaki en karmaşık yaklaşımdan biri fonksiyonel sınıflarının ihtiva ettiği özelliklere göre Gillison ve Carpenter (1997)'nin gramer yapısına dayanan fonksiyonel çeşitlilik hesabıdır.

Fonksiyonel çeşitlilik arazi çalışması esnasında veya türlerin botanik özellikleri (yaprak, kök vb. özellikler) kullanılarak belirlenebilmektedir. Fonksiyonel çeşitliliğin belirlenmesi için alan envanteri esnasında veya sonrasında ilgili örnek alanda bulunan türlerin fonksiyonel özellikleri tespit edilmelidir. Fonksiyonel çeşitlilik türlerin fonksiyonel özellik benzemezliklerinin toplamı olarak belirlenmektedir.

Bu bölümde fonksiyonel çeşitlilik hesabında kullanılan en basit formül verilmiştir (Walker vd., 1999; Petchey vd., 2004).

$$FAD = \sum_{h=1}^s \sum_{k=1}^s d_{hk} \quad (4)$$

S: türlerin sayısı, d_{hk} : tür h ve tür k arasındaki benzemezlik değeridir. Burada dikkat edilecek husus, fonksiyonları aynı olan bütün türlerin tek bir tür olarak kabul edilmesidir (Schmera vd., 2009). Buna dikkat edilerek fonksiyonel çeşitlilik yukarıda verilen formül ile kolaylıkla hesaplanabilir.

2.4. Taksonomik çeşitlilik

Taksonomik çeşitlilik türlerin familya veya cinsleri itibariyle uzaklık hesabına dayanmaktadır. Bununla ilgili formül aşağıda verilmiştir (Pielou, 1975; Warwick ve Clarke, 1995).

$$\Delta = \frac{\sum \sum_{i \leq j} w_{ij} x_j x_i + \sum_i 0. x_i (x_i - 1) / 2}{\sum \sum_{i \leq j} x_i x_j + \sum_i x_i (x_i - 1) / 2} \quad (5)$$

Burada X_i i. türün sayısını ($i=1, \dots, S$), w_{ij} hiyerarşik sınıflandırmada tür i ve j ile ilgili mesafe uzunluğunu vermektedir. Bu durumda, taksonomik çeşitlilik “ Δ ” basitçe bireylerin her bir çiftleri arasında ortalama mesafe uzunluğu olarak belirlenmektedir. Burada belirtmek gerekir ki, aynı türün bireysel çiftleri arasındaki mesafe sıfır alınmaktadır.

3. EKOLOJİK ALAN ÇEŞİTLİLİĞİ

Bir bölge veya yörede ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesi için, o bölge veya yörede örnekleme yapılması (örnek alan alımı) gereklidir. Bu durumda haliyle her bir örnek alan için ekolojik alan çeşitliliğinin belirlenmesi yapılacak ilk iş olacaktır. Ekolojik alan çeşitliliğini belirlemek amacıyla önerilen yaklaşım aşağıdaki gibidir.

1. Örnek alanlarda tür çeşitliliğinin alfa, beta gama düzeyinde belirlenmesi. Bütün örnek alanlar dikkate alınarak alfaort, beta ve gama çeşitliliklerinin standardize verilerinin belirlenmesi. Envanteri yapılan bütün örnek alanlar bazında standardize edilmiş alfaort, beta, gama çeşitliliklerinin toplamının 3 değerine bölünmesi ve böylece örnek alan farklı ölçüklerin ortalaması tür çeşitliliği değerinin belirlenmesi (ATüÇ).

2. Örnek alanlarda yapısal çeşitliliği ifade eden türlerin mekansal dağılım düzeni, boyutsal ölçüm farkınsallığı, tür karşım durumunun belirlenmesi. Bu değişkenlerin bütün örnek alanlara göre standardize değerlerinin tespiti. Bunların toplamının 3 e bölünmesi ve böylece örnek alan yapısal çeşitlilik değerinin belirlenmesi (AYÇ).

3. Fonksiyonel çeşitliliğin belirlenmesi ve bütün örnek alanlar bazında standartlaştırma ve ilgili örnek alan için standardize değer (AFÇ)

4. Taksonomik çeşitlilik ölçümü, verilerin standardize değerleri, ilgili örnek alan için standardize edilmiş taksonomik çeşitlilik değerleri (ATaÇ)

5. Ekolojik alan çeşitliliği (EKAÇ)

Yapılan birçok çalışmada tür çeşitliliği ile yetişme ortamı özellikleri arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Yükselti, baki, topografik değişkenlik gibi birçok yetişme ortamı özelliği tür çeşitliliğini etkilemektedir. Yapısal çeşitliliğin yetişme ortamı özellikleri olan ilişkisi ise tür çeşitliliği kadar kuvvetli değildir. İnsan

ORMAN EKOSİSTEM ÇEŞİTLİLİĞİ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI İÇİN EKOLOJİK ALAN ÇEŞİTLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

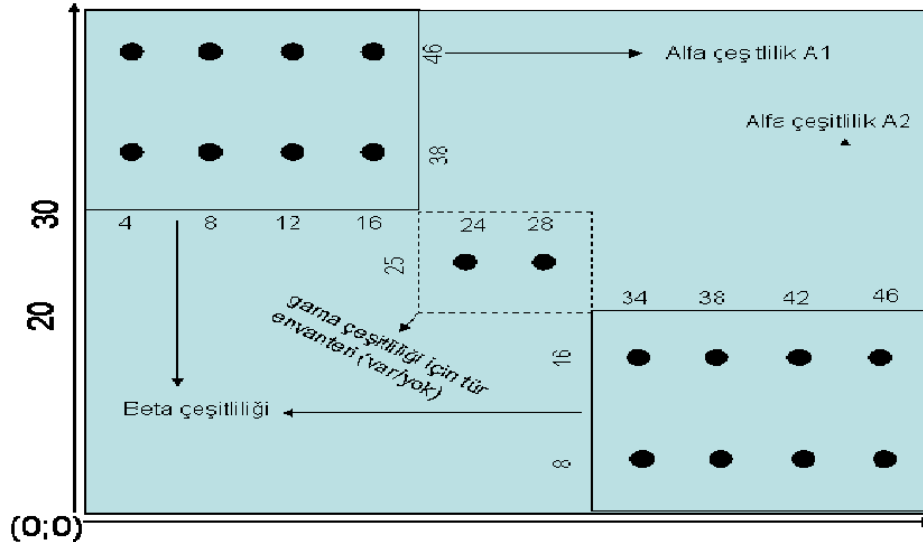
faktörü yapısal çeşitliliğin değişimine tür çeşitliliğinin değişiminde daha fazla etkili olmaktadır. Fonksiyonel çeşitliliğin belirlenmesinde kullanılan birçok özellik bitkilerin genetik özellikleri ile ilgilidir. Bu sebepten fonksiyonel çeşitlilikte yetişme ortamı özellikleri tür ve yapısal çeşitlilik kadar önem arz etmemektedir.

Taksonomik çeşitliliğin yetişme ortamı özellikleri ile ilişkisi ise fonksiyonel çeşitlilikten daha zayıf kalmaktadır. Çünkü bu çeşitlilik değeri bitkilerin genetik mesafesine göre hesaplanmaktadır.

Bu durumda, ekolojik alan çeşitliliğinin hesaplanması için önem sıralaması tür çeşitliliği (1), yapısal çeşitlilik (0,75), fonksiyonel çeşitlilik (0,50) ve taksonomik çeşitlilik (0,25) şeklindedir ve bu sıralamaya göre ağırlıklandırma tür çeşitliliği için "1", yapısal çeşitlilik için "0,75", fonksiyonel çeşitlilik için "0,50" ve taksonomik çeşitlilik için "0,25" şeklinde yapılması uygun olacaktır. Formül aşağıda verilmiştir.

$$EKAÇ = ((1 \times \ddot{O}AT\ddot{u}Ç) + (0,75 \times \ddot{O}AYÇ) + (0,50 \times \ddot{O}AFÇ) + (0,25 \times \ddot{O}ATaÇ)) \quad (6)$$

Örnek alanlarda çalışma yöntemi ise aşağıdaki şekil ile önerilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Örnek alan (A) ve alt örnek alanlar (A1, A2), "●" yapısal çeşitlilik parametreleri için hedef ağaç seçim noktaları (bu noktalara en yakın ağaç hedef ağaç olarak seçilir)

6. İkinci envanter: Bir ekosistemden alınacak örnek alanlarda belirlenen ekolojik alan çeşitliliği, ilgili örnek alanların yeryüzü şekli ve iklim özellikleri gibi cansız ortam faktörleri ile ilişkilendirilecek, modellenecek ve ekosistem çeşitlilik haritası yapılacaktır. Bu ekosistem çeşitliliğinin izlemesi için ilk adımdır. İzleme için gelecekte aynı örnekleme noktalarında aynı envanterin gerçekleşmesi ve karşılaştırmaların yapılması izlemenin başlaması anlamına gelmektedir. Bu

verilerin karşılaştırması veya izleme için ilk envanter verilerinde yapılan içsel standartlaştırmaya devam edilmeyecektir.

Başka bir deyişle ikinci envanter sonrası yukarıdaki işlem tekrarlanmayacaktır. Aynı ekosistemin örneğin 10 yıl sonra aynı örnek alanlarında yapılan envanter ile aynı değişkenler elde edildikten sonra yapılacak iş, ham değerlerin daha önceki verilere göre standartlaştırılmasını içermelidir. Örneğin ilk envantere A örnek alanında alfa çeşitliliği 4 olsun. Bunun standartlaşmış değeri de 0,5 olarak bulunmuş olsun. Aynı örnek alanda 10 yıl sonra alfa çeşitliliği 6 bulunmuş ise bu durumda bunun ilk standart değere karşılığı gelen değeri $((6*0,5)/4)$ ten 0,75) hesaplanmalıdır. Bu değerler 1 den büyükte çıkabilir. Bu değerler ilk durum ile sonraki durumun karşılaştırılmasına hizmet edecektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekolojik alan çeşitliliği hesabında ilgili çeşitlik gruplarının belirlenmesinde yukarıda bahsedilenler dışında birçok indis vardır. Ancak burada bahsi geçmeyen indislerden bazılarının hesaplanması için alan envanteri gerek zaman ve gerekse kaynak ve iş gücü itibariyle ciddi külfetler getirmektedir. Veri bilimsel metotlarla belirlenmelidir ve bunun yanında mümkün olduğunca doğru, hızlı, yeterli ve ucuz envanter metotları tercih edilmelidir. Envanterin masraflı olması, uzun zaman alması ve ölçümlerin zor olması durumunda bu envanterlerin devamlılığı tehlikeye düşer. Kaynak, zaman ve işgücü kısıtları sebebiyle, mümkün olduğunca basit ölçümleri içeren envanter, herhangi bir yöre veya bölge için izleme adına bir süre sonra tekrarlanacağı için, ilk seçilen değişkenlerin her kez tarafından kolay ve doğru ölçülen değişkenler olmasına ve sistemi yeteri kadar tanımlanmasına dikkat edilmelidir. Diğer yandan envanterlerin devamlılığı için en kalıcı çözüm, ormancılık ve yaban hayatı konuları ile ilgili meslek yüksek okullarında eğitim gören ve görececek ara elemanların değerlendirilmesi ile sağlanabilir.

Bir bölge veya yörede ne kadar örnek alan alınacağı, örnek alan içi alt örnek alanların ne kadar olacağı ve ne şekilde dağıtılacağı, nerelerden örnekleme yapılacağı hususlarında sadece istikşaf gezilerine veya yetişme ortamı özellikleri farklılığına göre karar vermek doğru olmayabilir. Bunun için değerlendirmeye alınacak altlık haritaların çözünürlükleri veya hücre boyutları da bu kararın verilmesinde önem arz etmektedir.

Yukarıda bahsi geçen çeşitlilik ölçümleri ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesi için gerekli olan özelliklerin büyük bir kısmına sahiptir. Ancak ölçüm değişkenlerinin neler olabileceği hususundaki kesin karar, bu konu ile ilgili olan herkesin pozitif tavır içinde katkı ve eleştirilerde bulunması ile netleşecektir. Konuyu dinlemeden anlamadan başlangıcından itibaren reddetme eğiliminde olan kişilerin muhatap alınması ise gereksiz yere vakit kaybı olacaktır.

Ekolojik alan verilerinin cansız ortam faktörleri (yeryüzü şekli, toprak, anakaya, topografik değişkenlik, iklim, zaman) ile ilişkilendirilmesi ve modellemesi ile ekosistem çeşitliliğinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve ekosistem çeşitlilik haritalarının yapılmasını sağlanabilecektir.

ORMAN EKOSİSTEM ÇEŞİTLİLİĞİ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI İÇİN EKOLOJİK ALAN
ÇEŞİTLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

Eğer yaban hayatı ve çeşitliliğinin belirlenmesi ve izlenmesi söz konusu ise, buna yönelik ölçümler bitki örtüsüne ait ölçüm metotları ile uyuşturulmalıdır. Bu konuda bir yaklaşım evvelden önerilmiştir (Özkan, 2009). Bunun dışında, yaban hayvanlarının yetişme ortamı uygunluk haritalarının çıkartılması ile (veya yaban hayvanı çeşitlilik sınıfları haritası), hayvanın olduğu/olmadığı veya yaban hayvanı çeşitliliğinin zengin/fakir olduğu alanlar karşılaştırılarak yaban hayvanlarının habitat tercihleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Gerek bitki türleri ve gerekse yaban hayvanlarının yetişme ortamı uygunluk haritaları için GARP, ENFA, GRASP gibi farklı modelleri içeren ve coğrafi bilgi sistemleri ve bazı analitik paket programlar ile uyumlu çalışan yazılımlar mevcuttur. Analitik olarak çoklu regresyon analizi (MLA), genelleştirilmiş doğrusal model (GLM), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), regresyon ağacı yöntemi (RT) yapay sinir ağları (ANN), binary logistic regresyon analizi (BLR) veya bulanık mantık uygulamaları (FL) kullanılabilir.

Küresel iklim değişimi, ekosistemlerin izlenmesini gerekli kılmıştır. Değişik yaklaşımlar ile yazılmış iklim senaryoları mevcuttur. Bunlardan en önemlileri SRES- IPCC (Birleşmiş milletler iklim değişimi paneli) senaryoları olup gelecekte atmosfer yüzeyindeki karbondioksit miktarı ve hava sıcaklığını A1, A2, B1, B2 olmak üzere 4 ana iklim değişim senaryosu ile farklı şekillerde öngörmektedir (IPCC, 2007). Bu senaryoların dijital verileri gelecekte tür çeşitlilik durumunun iklim değişimi üzerinden kestirimi için önemli bir bilgi altlığıdır. Ancak bu senaryoların doğrulanması ve öngörülerin geçerliliğe yakınlığı bilinmelidir. Bu bağlamda, izleme için farklı zaman aralıklarındaki envanterler, ekosistem çeşitliliğindeki değişimler açısından bize önemli bilgiler verecek, yazılan senaryoların doğruluğunu denetleme imkânı sunacaktır. Bu sayede, ekosistemlerin korunması, sürdürülebilirliğinin sağlanması, orman ekosistemlerinin performans değerlendirmesi ve sağlık durumlarının izlenmesi gibi birçok konu da geleceğe yönelik öngörüler coğrafi alan bazında doğruya yakın kestirilmeye başlayacaktır. Bu sebepten, ülkemiz için bu konudaki çalışmalara bir an önce girilmesi ve verilerin belli bir düzende ülke ölçeğinde kayıt altına alınması gereklidir. Ülkemizde bu amaçlara hizmet edecek birçok çalışma olmasına rağmen, bu çalışmaların verileri dağınıktır, veriler kullanılacak analiz metotları için uygun şekilde hazırlanmamıştır ve bu amaçlara yönelik değerlendirmeler eksik kalmıştır. Diğer yandan arazi envanter metotlarında da değişiklikler gerekmektedir. Bu konuda çalışacak araştırmacılar için arazi ve değerlendirme yöntemlerini içeren kılavuzların hazırlanması öncelikli iş olmalıdır. Orman Bakanlığının bu hususu dikkate alması, danışmanlarını iyi seçmesi ve bununla ilgili organizasyon ve eğitim çalışmalarını bir an önce başlatması, ekosistem çeşitliliği ile ilgili çalışmalara bir an önce girişilmesi açısından çok önemlidir. Bu çalışmalar sadece orman ekosistem çeşitliliği değil aynı zamanda türlerin niş genişlikleri ve niş çakışma alanları, vejetasyon sınıflandırması ve haritalanması ile orman yetişme ortamı sınıflandırma ve haritalanması çalışmaları içinde gereklidir.

KAYNAKLAR

- Gadow, K.V., Hui, G.Y., 1999. Modelling forest development. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 213p.
- Gillison, A.N., Carpenter, G., 1997. A generic plant functional attribute set and grammar for dynamic vegetation description and analysis. *Functional Ecology*, 11:775-783.
- Gülsoy, S., Özkan, K., 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1:168-178.
- IPPC, 2007. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jeglum, J.K., He, F., 1995. Pattern and vegetation-environment relationships in a boreal forested wetland in northeastern Ontario. *Canadian Journal of Botany*, 73:629-637.
- Özkan, K., 2009. Yaban hayatı ekolojisi'nde analitik değerlendirme açısından uygun envanter metodu üzerine bir öneri. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2:160-169.
- Özkan, K., Senol, H., Gulsoy, S., Mert, A., Suel, H., Eser, Y., 2009. Vegetation-environment relationships in Mediterranean mountain forests on limeless bedrocks of southern Anatolia, Turkey. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(3):154-163.
- Petchey, O.L., Gaston K. J., 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9: 741-758.
- Petchey O.L, Hector A., Gaston K.J., 2004. How do different measures of functional diversity perform? *Ecology*, 85: 847-857.
- Pielou, E.C., 1975. *Ecological diversity*. John Wiley Publications, 165p., New York.
- Ripley B.D., 1981. *Spatial Statistics*. John Wiley Publications, 252p., New York.
- Schmera, D., Eros, T., Podani, J., 2009. A measure for assessing functional diversity in ecological communities. *Aquat. Ecol.*, 43(1):157-167.
- Vorčák, J., Merganic, J., Saniga, M., 2006. Structural diversity change and regeneration processes of the Norway spruce natural forest in Babia hora NNR in relation to altitude. *Journal of Forest Science*, 52(9):399-409.
- Walker, B, Kinzig, A.P, Langridge, L., 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, 2:95-103.
- Warwick, R.M, Clarke, K.R., 1995. New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129:301-305.
- Wilson, M.V, Shmida, A, 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72:1055-1064.