


## Ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik önerilen bir eşitlik

Kürşad Özkan<sup>a\*</sup> 

**Özet:** Bu çalışmada ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik bir indis önerilmektedir. Önerilen indisin ( $H_{wd}$ ) içeriğinde meta toplumların tür kompozisyonları ve yayılış alan miktarları ile onların yayıldığı alanlardaki dağılımın heterojenliği yer almaktadır. Bu yüzden  $H_{wd}$ ; Shannon benzeri ortalama uyumsuzluk ( $H_d$ ) ile fraktal boyutun ( $w_j$ ) birleşmesinden oluşmaktadır. Bu çalışmada ayrıca ekosistem eşitliğinin hesaplanması da verilmiştir. Bir meta toplum için maksimum fraktal boyut= $2$  ( $w_{maxj} = 2$ ) olduğundan,  $H_{wd}/2 \ln K$  ekosistem eşitliği ( $E_{wd}$ ) değerini vermektedir. Ekosistem çeşitlilik ve eşitlik indislerinin amacı, ekosistemlerin genel durumu hakkındaki bilgiyi sayısal olarak vermektedir. Bundan dolayı ekosistemlerin birbirleri ile karşılaştırılması ve izlenmesinde bu iki indisten faydalanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Ekoloji, Biyoçeşitlilik, Ekosistem, Entropi

### A proposed index for estimating ecosystem diversity

**Abstract:** An ecosystem diversity index was proposed by the present study. The proposed index ( $H_{wd}$ ) considers not only the species compositions of the meta communities and their land cover areas but also heterogeneities of their geographical distributions.  $H_{wd}$  is therefore includes fractal dimension ( $w_j$ ) as well as Shannon-like expression of average conflict ( $H_d$ ). Estimation of ecosystem evenness was also given in the present study. With regard to ecosystem evenness ( $E_{wd}$ ), the proposed equation is  $H_{wd}/2 \ln K$  since maximum fractal dimension value of a meta community equals to 2 ( $w_{maxj} = 2$ ). The purpose of the ecosystem diversity and evenness indices give the information as numerical data about the general conditions of the ecosystems. Both of the indices may therefore be employed for monitoring and comparing the ecosystems.

**Keywords:** Ecology, Biodiversity, Ecosystem, Entropy

#### 1. Giriş

Biyolojik çeşitlilik doğa bilimlerinin en fazla odaklandığı çalışma alanlarından biridir. Biyolojik çeşitlilik konularına ve hesaplama tekniklerine göre tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik, fonksiyonel çeşitlilik, yapısal çeşitlilik ve ekosistem çeşitliliği olmak üzere 5 ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar içinde en az bilineni, anlaşılana ve çalışılana ekosistem çeşitliliğidir. Bunun en önemli sebebi ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasındaki karmaşık süreçlerdir. Zira ekosistemler; canlılar, canlı toplumları ve onların dağılım alanlarından oluşan dinamik sistemlerdir (Çepel, 1995). Bu yüzden ekosistem çeşitliliğinin tespiti için coğrafi konumu belli bir yerde bulunan canlılara ait envanter verilerine olduğu kadar, canlı toplumların kompozisyon verilerine ve onlara göre ayrılmış ekolojik ünitelerin konum bilgilerine ihtiyaç vardır.

Feoli vd. (2013) vejetasyon kompozisyonuna dayalı arazi çeşitliliği çalışmalarında ekosistem çeşitliliğini belirlemeye yönelik en yakın hesaplama tekniklerini sunmuşlardır. Araştırmacılar vejetasyon kompozisyonuna (tiplerine) dayalı arazi/alan çeşitliliği ve eşitliği hesaplamalarının gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek yöntemleri, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak iki ana başlık halinde vermişlerdir. Parametrik yöntemler bulanık çeşitlilik ismi ile verilmiş ve bunlar kendi içerisinde Simpson indisi ve Shannon entropisi

temelli bulanık çeşitlilik ve eşitlik ölçümleri, genelleştirilmiş formlara dayalı bulanıklık çeşitlilik ve eşitlik ölçümleri ve olasılıksal benzerlik hesabına dayalı bulanık çeşitlilik ve eşitlik ölçümleri olarak ayrılmışlardır.

Feoli vd. (2013)'nin verdiği indislerden Shannon entropisi temelli bulanık çeşitlilik ölçümü Ricotta ve Szeidl (2006)'in çalışmasına dayanmaktadır. Ricotta ve Szeidl (2006)'in çalışmasında Shannon entropisinde mesafe ( $d_{ij}$ ) değerlerinin yer bulduğu yeni bir indis ve onun değişik formları sunulmaktadır. Araştırmacıların geliştirip sundukları bu yeni indis ekosistem çeşitlilik hesabı için iyi bir adaydır fakat yeterli değildir. Ricotta ve Szeidl (2006)'in geliştirdikleri indisin ekosistem çeşitliliğinin tespiti için iyi bir aday olmasının sebebi onun canlı toplumlarının tür kompozisyonlarını ve kapladığı alan değerlerini hesaba alacak girdi alanına sahip olmasıdır. İndisin eksik kısmı ise canlı toplumların dağılım şekillerini (serpilme durumlarını) ifade edecek bir eklentiye sahip olmamasıdır.

Bu çalışmada ekosistem çeşitlilik hesabına yönelik olarak Shannon entropisi temelli bulanık çeşitlilik eşitliğinin geliştirilmiş yeni bir formu sunulmaktadır. Önerilen bu yeni form, Ricotta ve Szeidl (2006)'in mesafe tabanlı eşitliğine fraktal boyutu katmakta ve böylece canlı toplumlarının mekansal serpilme/dağılım durumlarının çeşitlilik hesabında yer bulmasını sağlamaktadır.

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 08.07.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.09.2020



**Citation** (Atıf): Özkan, K., 2020. Ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik önerilen bir eşitlik. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 355-363.

DOI: [10.18182/tjf.766462](https://doi.org/10.18182/tjf.766462)

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada önerilen ekosistem çeşitlilik indisi ile ilgili hesaplamaları göstermek için iki farklı tipte hipotetik veri kullanılmıştır.

İlk hipotetik veri 21 adet örnek alan ve 50 adet türden oluşan bir veri tablosudur (Ek Çizelge 1). İkinci hipotetik veri Ek Çizelge 1'deki örnek alanların (Wards metoduna dayanan kümeleme analizi kullanarak) gruplandırılması ve grupların Anosim R istatistiği (Clark, 1993) ile teyidi sonrasında belirlenen meta toplumların coğrafi dağılım verilerini içermektedir (Ek Şekil 1).

Ekolojik çeşitlilik hesabı için önerilen eşitliğin gövde formu Shannon entropisidir ( $H$ ) (Shannon Claude, 1948).

$$H = -\sum_{j=1}^K p_j \ln p_j \quad (1)$$

Eşitlikte bulunan  $K$  bir toplumda yer alan elementlerin sayısıdır. Eğer toplum en alt seviyede örneklenen bir canlı toplumu veya kompleks ise o zaman  $K$  yerine kompleksdeki tür sayısını ifade etmek için  $S$  kullanılır.  $p_j$  toplum bünyesinde yer alan elementlerin oransal değerleridir. Eğer ilgili oransal değer  $p_j$  ve onun dışında kalan oransal değerler  $p_i$  olarak ifade edilirse, bu durumda  $p_j = 1 - \sum_{i \neq j}^K p_i$  olur ve eşitlik 1 aşağıdaki formda gösterilebilir (Ricotta ve Szeidl, 2006).

$$H = -\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K p_i) \quad (2)$$

Eşitlik 1'in Eşitlik 2'deki gibi ifade edilmesi bir amaca hizmet etmektedir. Shannon entropisi eşitlik 2'deki gibi ifade edildiğinde eklenti alabilmektedir. Rao'nun kuadratik entropisindeki (Rao, 1982) belli özelliklere dayanarak tespit edilen element çiftleri arasındaki mesafe ( $d_{ij}$ ) artık bu formda kendine yer bulabilir.

$$H_d = -\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i) \quad (3)$$

Mesafe hesapları için kullanılacak özelliklerde herhangi bir sınırlama yoktur. Örneğin içerdikleri tür kompozisyonuna dayanarak iki kompleks veya iki örnek alan arası elde edilen standardize edilmiş mesafe değerleri bu eşitlikte kullanılabilir. Meta toplumlar arası standardize edilmiş mesafe değerleri de bu eşitlikte değerlendirilebilir. Eğer canlı kompozisyonuna dayanarak arazi çeşitliliğini belirlemek istersek bu durumda Feoli vd. (2013) tarafından da ifade edildiği üzere Eşitlik 3'deki oransal ifadeleri ( $p_i$  ve  $p_j$ ) meta toplumların yayılış alan değerleri olarak kullanabiliriz.

Meta toplumların belirlenmesi kompleks veya örnek alanların gruplandırılmasına bağlıdır. Gruplandırma için yarı-kantitatif veya kantitatif teknikler kullanılabilir. Kümeleme analizi kullanılacak kantitatif tekniklerden biridir. Meta toplumlar arasındaki mesafe hesabı için ikili veriye (var-yok verisine) veya bolluk verisine göre kullanılacak birçok mesafe eşitliği bulunmaktadır (Özkan, 2016). Bu çalışmada hem ikili verilere (var yok verilerine) hem de bolluk verilerine uygulanabilecek 0 ile 1 arasında değerler veren ve bu yüzden standartlaştırmaya ihtiyaç olmayan Bray-Curtis mesafe ( $D$ ) formülünün kullanılması tercih edilmiştir (Bray ve Curtis, 1957).

$$D = 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^S (a_i + b_i)} \quad (4)$$

Mesafe formülünde yer alan  $S$  kompleks çiftlerinin içerdiği toplam tür sayısını,  $a_i$  ve  $b_i$  sırasıyla kompleks  $A$  ve kompleks  $B$  de bulunan  $i$ . türün sayısal değerlerini ifade etmektedir.

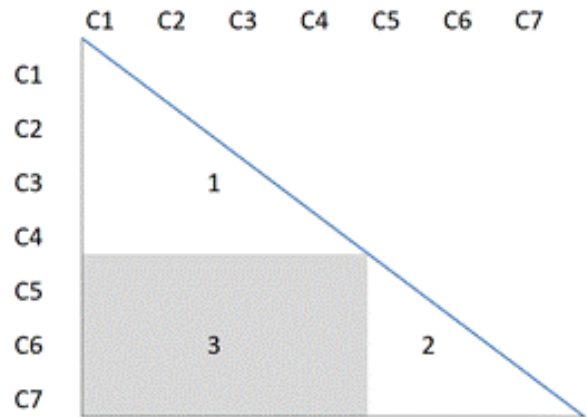
Canlı kompozisyonuna göre meta toplum çiftleri arası mesafeyi belirlerken, meta toplumların kendi bünyesinde bulunan kompleksleri diğer meta toplumun bünyesinde bulunan komplekslerle eşleştirmek gerekir. Meta toplumların içerdiği kompleksler arası mesafe değerlerinin ortalaması iki meta toplum arasındaki ortalama mesafe değeridir.

Ricotta ve Burrascano (2008)'nin verdiği örneğe benzer şekilde, MT1 ve MT2 isminde iki tane meta toplum olsun. MT1 C1, C2, C3 ve C4 komplekslerinden oluşurken, MT2 C5, C6 ve C7 kompleksini içersin (Şekil 1). Bu iki meta toplumun kendi içlerindeki mesafe değerleri MT1 için Bölge 1 ve MT2 için Bölge 2'dir. Şekil 1'de koyu renkle gösterilen Bölge 3'den ise meta toplum üyeleri arası mesafe değerleri elde edilmektedir.

Eğer bir ekosistemde ayrılmış olan meta toplumlar arası mesafe değerleri ile onların yayıldıkları alanların miktarları biliniyor ise, Eşitlik 3 tür kompozisyonuna dayanan arazi çeşitliliğinin hesabını gerçekleştirmek için kullanılabilir. Ancak "Giriş" kısmında da bahsedildiği üzere, elde edilen bu değer ekolojik çeşitlilik ifadesini gerçek anlamda karşılayamaz. Zira ekolojik çeşitlilik hesabında meta toplumların serpilme durumları ile ilgili bilgilerin de yer bulması gerekir. Bunun için meta toplumların coğrafi dağılım haritalarına ihtiyaç vardır.

Meta toplumların serpilme durumlarının tespitinde öncelikle fraktal boyut hesabına girmek gerekir. Bu çalışmada önerilen ekolojik çeşitlilik eşitliğin çekirdek üyesi fraktal boyuttur. Fraktal boyut hesabı için Eric ve Ramsey (1993) tarafından verilen eşitliğin kullanılması tercih edilmiştir.

$$FrD = \frac{2 \ln(P/4)}{\ln A} \quad (5)$$



Şekil 1. İki meta toplum içi ve arası mesafe değerlerinin yarı matris gösterimi (Bölge 1 ve Bölge 2 meta toplum içi mesafe değerlerini, Bölge 3 meta toplumlar arası mesafe değerlerini göstermektedir.)

Önerilen ekolojik çeşitlilik eşitliğinde fraktal boyut meta toplum  $j$  için metnin ileriki kısımlarında açıklanacak olan ağırlık değerine ( $w_j$ ) denk geldiğinden, Eşitlik 5 değiştirilmiş terimlerle ifade edilmiştir.

$$w_j = \frac{2 \ln(P_j/4)}{\ln A_j} \quad (6)$$

Eşitlik 6'da bulunan  $A_j$  ve  $P_j$  fraktal boyut ( $w_j$ ) hesabı gerçekleştirilecek meta toplum  $j$  için sırası ile toplam alan ve toplam çevre değerlerini ifade etmektedir.

Fraktal boyut eşitliğindeki  $A_j$  değerlerinin belirlenmesi kolaydır. Belli bir bölgede meta toplum  $j$ 'nin işgal ettiği birim hücre (piksel) sayısının ( $U_j$ ) o hücre alan değeri ( $a_j$ ) ile çarpımı  $A_j$  değerine eşittir.  $P_j$  hesabı biraz karışıktır. Zira  $P_j$  hesabı meta toplum  $j$ 'nin her bir hücresinin çevresindeki komşu hücrelerin aynılığına veya farklılığına göre belirlenen değerlerin toplamına dayanmaktadır ( $P_j = \sum_{j=1}^{U_j} h_j a_j$ ). Bir hücre için çevre değeri ( $h_j a_j$ ) o hücrenin etrafındaki bitişik dört hücrenin kendisine benzerliğine veya farklılığına göre 16 durumundan birine denk gelen değer karşılığıdır (Şekil 2).

Şekil 2'de merkez hücreler için verilen perimetre değerleri Eric ve Ramsey (1993)'nin  $P_j$  hesabına yönelik hücre ölçeğinde vermiş oldukları çevre değerleri ile uyusmaktadır.

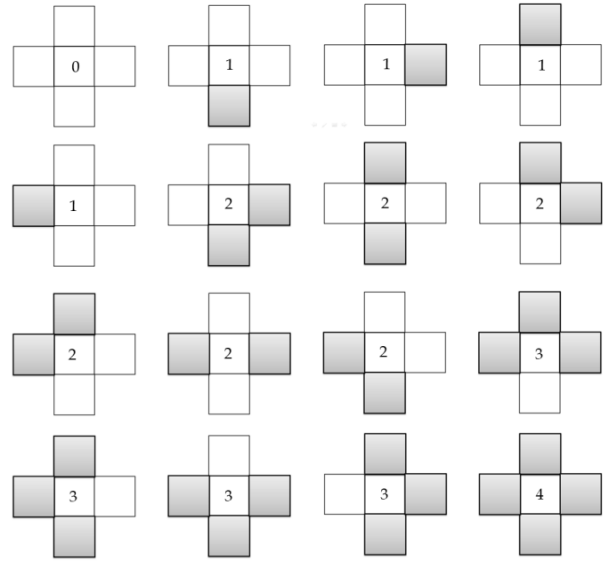
Burada belirtmekte fayda var ki, bu çalışma da Eric ve Ramsey (1993)'nin modifiye edilmiş fraktal boyut eşitliğinin kullanılması tercih edilmemiştir. Modifiye edilmiş fraktal boyut hesabı alan ve çevre hesaplarına ek olarak ayrılan parça sayısını içermektedir. Ne var ki ayrılan parça sayısının bütün meta toplumlara atfen sabit bir maksimum değeri yoktur. Bu yüzden modifiye edilmiş fraktal boyut formülü metnin ileri kısımlarında daha detaylı açıklandığı üzere ekolojik eşitlik hesabı için uygun bir form değildir. Modifiye edilmiş fraktal boyut formülünün tercih edilmemesinin diğer bir gerekçesi ise onun fraktal hesap için üstlendiği misyonun  $P_j$  ile çakışmasıdır. Zira çevre değer artışı ile parça sayısının artışı arasında ihmal edilemez bir korelasyon mevcuttur. Bu sebepten modifiye edilmiş fraktal boyut eşitliği olması gerekenden daha şişkin değerler (pozitif sapma) verme eğilimindedir.

Eşitlik 3 fraktal boyut terimini içermemektedir. Fakat buna Eşitlik 3'de yer açmanın bir yolu vardır. Zira Shannon entropisi ağırlıklandırılmış başka bir form ile ifade edilebilmektedir (Ricotta, 2002; Sreevally ve Varma, 2004; Keith ve Shockle, 2010; Guiasu ve Guiasu, 2012 ).

$$H_{w_j} = - \sum_{j=1}^K w_j p_j \ln p_j \quad (7)$$

Hatırlanacağı üzere Eşitlik 1=Eşitlik 2 ( $H = - \sum_{j=1}^K p_j \ln p_j = - \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K p_j)$ ) olduğundan,  $H_{w_j}$ 'de aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$H_{w_j} = - \sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K p_j) \quad (8)$$



Şekil 2. Merkez hücreler için perimetri değerleri

Eşitlik 3'de ( $H_d = - \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$ ) görüleceği üzere meta toplum çiftler arasındaki mesafe değerlerinin ( $d_{ij}$ ) yeri bellidir. Yani  $d_{ij}$  Eşitlik 8'de gösterilen  $w_j$ 'nin yerleştiği alanı işgal etmemektedir. Bu durumda  $w_j$ 'nin eşitlik 3'e dahil olabileceği yeni bir eşitlik ( $H_{wd}$ ) oluşturulabilir ve böylece ekolojik çeşitlilik ( $H_{wd}$ ) hesabı için tüm üyeler masada yerini alabilir.

$$H_{wd} = - \sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i) \quad (9)$$

$H_{wd}$  eşitliğinde  $K$  meta toplumların toplam sayısını,  $w_j$  meta toplum  $j$ 'nin fraktal boyut değerini,  $p_j$  ve  $p_i$  meta toplum  $j$  ve meta toplum  $i$ 'nin nispi yayılma alan değerlerini ve  $d_{ij}$  canlı kompozisyona göre meta toplum  $j$  ve meta toplum  $i$  arasındaki mesafe değerlerini ifade etmektedir.

Ekolojik çeşitlilik tespiti ekolojik eşitlik hesabını mümkün kılmaktadır. Zira canlı bir kompleksin eşitlik hesabı Shannon entropisi ( $H = - \sum_{j=1}^S p_j \ln p_j$ ) kullanıldığında  $E = H/H_{max}$  formülü ile belirlenir ( $H_{max} = \ln S$ ) (Özkan, 2016). Eşitlikte  $S$  tür sayısını ve  $p_j$  türlerin oransal değerlerini ifade etmektedir. Bahsi geçtiği üzere bu formülün diğer bir gösterimi  $H = - \sum_{j=1}^S p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^S p_j)$  şeklinde olup, mesafe değerinin hesaba katılması durumunda form  $H_d = - \sum_{j=1}^S p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^S d_{ij} p_i)$  olmaktadır. Meta toplumların yayılma alanlarına göre entropi hesabında  $S$  yerine  $K$  kullanıldığından, form  $H_d = - \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$  olarak gösterilmektedir. Bu durumda eşitlik hesabı için  $\ln S$  yerine  $\ln K$  kullanılabilir ve Eşitlik ifadesi için kullanılan  $E$  teriminin yerini  $E_d$  alabilir (Feoli vd., 2013).

$$E_d = \frac{- \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{\ln K} \quad (10)$$

Eşitlik 10, farklı sembolik ifadelerle Feoli vd. (2013) tarafından verilmiştir.

Bu makale ile önerilen form ise fraktal boyutu hesaba katmaktadır. Mesafe ( $d_{ij}$ ) değerlerinin maksimum değerleri = 1 olduğundan ( $d_{maxij} = 1$ ) eşitlik indisinin ( $E_d$ ) payda kısmında onunla ilgili bir terim eklemesine gerek yoktur

$$\left( E_d = \frac{-\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{d_{maxij} \ln K} = \frac{-\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{1 \ln K} = \frac{-\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{\ln K} \right).$$

Fakat bu durum  $w_j$  için geçerli değildir. Kullanılan fraktal boyut formülüne göre  $w_j$  1 ile 2 arasında değişen değerler alabilmektedir ( $1 \leq w_j \leq 2$ ). Bu yüzden  $w_j$ 'nin payda kısmında yer alması gerektirmektedir. Eğer bir meta toplumun tüm hücreleri birbirinden bağımsız dağılıyor ise bu durumda  $P_j = 4A_j$  olur. Bu değer in sabitliği sebebiyle de  $w_{maxj} = 2$  olur.  $w_{maxj} = 2$  olduğundan,  $H_{wd} = -\sum_{j=1}^K w_i p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$  formu için  $E_{wd}$  terim değişikliği ile eşitlik hesabı aşağıdaki yeni formla gerçekleştirilebilir.

$$E_{wd} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_i p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{H_{maxj}} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_i p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{w_{maxj} \ln K} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_i p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{2 \ln K} \quad (11)$$

Bu açıklamalar  $w_{maxj}$  değerine neden ihtiyacımız olduğu soruna cevap vermektedir. Zira  $w_j$  için payda kısmına ekleyeceğimiz "1" değerinden farklı sabit bir maksimum değer olmasaydı ( $w_{maxj} = 2$ ), ekolojik eşitlik hesabını yapmak mümkün olmazdı.

Eğer meta toplumlar birbirlerinde tamamen farklı olur ise ( $\forall d_{ij} = 1$ ), meta toplumların kapladıkları alanlar birbirlerine eşit olur ise ( $\forall p_j = 1/K$ ) ve bu meta toplumların coğrafi dağılımları tamamen heterojen olur ise ( $\forall w_i = 2$ ), bu durumda  $H_{wd} = H_{maxwd}$  olduğundan  $E_{wd} = 1$  olur.

### 3. Bulgular ve tartışma

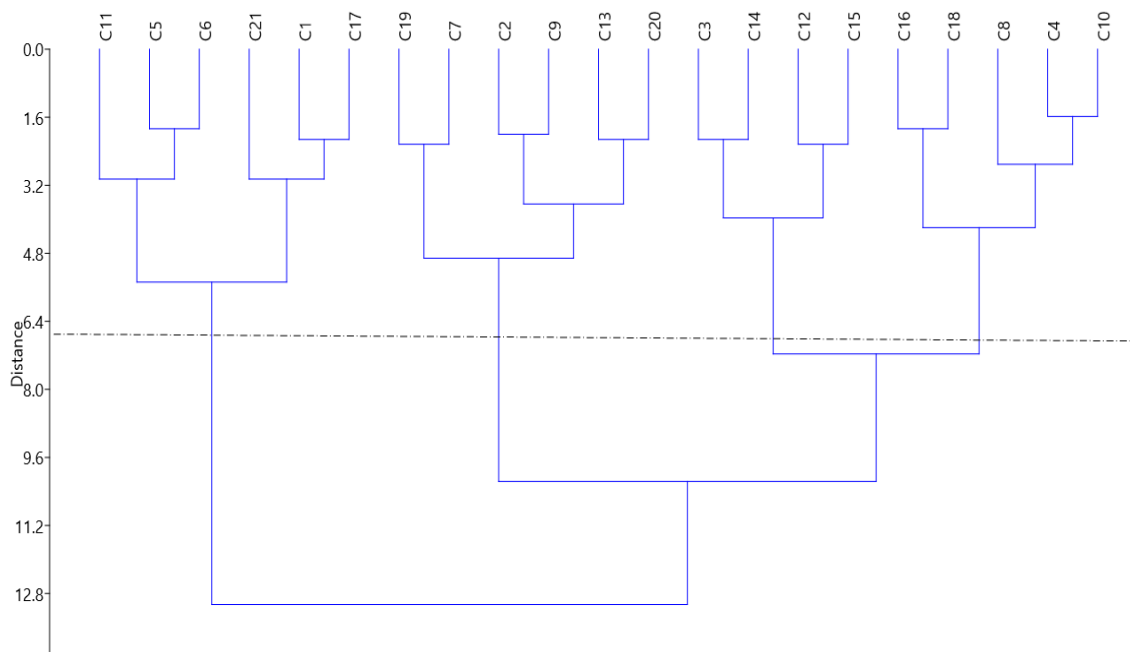
Ek Çizelge 1'deki komplekslerin gruplandırılmasına yönelik gerçekleştirilen Kümeleme analizi sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.

Kümeleme analizi sonuçlara göre komplekslerin dendrogramda ayrışmanın başladığı üst seviyeden alt seviyeye doğru iki, üç, dört ve daha fazla olabilecek gruplar içinde toplandığı görülmektedir. Bu çalışmada kesme seviyesi yaklaşık 6,5 olarak alınmıştır. Bu kesme seviyesi değeri için komplekslerin dört grup içinde toplandığı görülmektedir. Dört gruplu ayrımın istatistiksel bakımdan önemliliğin testi için uygulanan tek yönlü Anosim R testinde Bray Curtis benzerlik indisi tercih edilmiştir. Analiz sonucu dendrogram üstünde gerçekleştirilen dört grup ayrımının kabul edilebilir olduğunu anlaşılmıştır (Anosim R=0,9753, p=0,0001, permütasyon N=9999) (Şekil 3).

Dendrogram üstünde ayrımın gerçekleştiği kesme seviyesindeki düğümlere soldan sağa MT1, MT2, MT3 ve MT4 ismi verilmiştir. MT1 (C1, C5, C6, C11, C17 ve C21) ve MT2 (C2, C7, C9, C13, C19, C20) altı kompleks içeriyor iken, MT3 (C3, C12, C14 ve C15) dört kompleksten ve MT4(C4, C8, C10, C16 ve C18) beş kompleksten oluşmaktadır (Şekil 3).

Meta toplumlar arası ortalama mesafe değerlerinin tespiti için Materyal ve Yöntem kısmında da bahsedilen ve Şekil 1'de gösterilen koyu renkli alan değerleri kullanılmıştır. Bu bağlamda konunun daha iyi anlaşılması için MT3 VE MT4'ün ihtiva ettiği kompleksler için Bray Curtis mesafe değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Koyu renkli alandaki mesafe değerlerinin ortalaması 0,731'dir ( $d_{34} = d_{43} = 0,731$ ). Tüm meta toplumlar için belirlenen ortalama mesafe değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

İkinci hipotetik toplum verisi Ek Şekil 1'de yer almaktadır. Ek Şekil 1'de 4 meta toplum 100 hücreden (10x10) oluşan bir alan içinde üç farklı şekilde (a, b ve c) dağılmaktadır. Her bir meta toplum için Ek Şekil 1'deki a, b ve c dağılımları için belirlenen  $A_j$  ve  $P_j$  değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Ek Çizelge 1'deki tür-örnek alan hipotetik veri tablosunun Wards metoduna dayalı kümeleme analizi sonuçları

Çizelge 1. MT3 ve MT4'e ait kompleks çiftleri arasındaki Bray Curtis mesafe değerlerini gösteren yarı matris değerleri (Koyu renkli bölge meta toplulukların kompleksleri arasındaki mesafe değerlerini göstermektedir)

		MT3				MT4				
		C3	C12	C14	C15	C4	C8	C10	C16	C18
MT3	C3									
	C12	0,6								
	C14	0,474	0,474							
	C15	0,6	0,5	0,579						
MT4	C4	0,833	0,667	0,652	0,667					
	C8	0,7	0,8	0,684	0,6	0,417				
	C10	0,652	0,739	0,636	0,565	0,185	0,304			
	C16	0,9	0,9	0,789	0,7	0,333	0,5	0,304		
	C18	0,81	0,905	0,8	0,619	0,44	0,619	0,417	0,333	

Çizelge 2. Meta topluluklar arası ortalama mesafe değerleri

	MT1	MT2	MT3	MT4
MT1				
MT2	0,962			
MT3	0,787	0,943		
MT4	0,95	0,757	0,731	

Çizelge 3. Meta toplulukların farklı coğrafi dağılımlarına (a, b ve c) göre (Ek Şekil 1) belirlenen alan ( $A_j$ ), çevre ( $P_j$ ), fraktal boyut ( $w_j$ ) ve ortalama fraktal boyut ( $(\bar{w}_j = \sum_{j=1}^K w_i/K)$ ,  $K =$  meta topluluk sayısı) değerleri

Ek Şekil 1	Meta topluluklar	$A_j$	$P_j$	$w_j$	$\bar{w}_j$
a	MT1	29	24	1,064213	1,114877
	MT2	34	28	1,103637	
	MT3	15	20	1,188632	
	MT4	22	22	1,103025	
b	MT1	29	34	1,271089	1,450261
	MT2	34	44	1,359983	
	MT3	15	32	1,535748	
	MT4	22	50	1,634224	
c	MT1	29	84	1,808289	1,870516
	MT2	34	102	1,836839	
	MT3	15	56	1,949046	
	MT4	22	74	1,887888	

Çizelge 3'te  $A_j$  hesapları gerçekleştirilirken her bir hücrenin alan değeri 1 birim olarak kabul edilmiştir ( $A_j = U_j$ ) ve  $P_j$  hesabı gerçekleştirilirken 10x10 hücrelerin dışında kalan tüm komşu hücrelerin meta toplulukların herhangi birinden farklı olduğu kabul edilmiştir.

Ek Şekil 1'deki dağılım örneklerine yönelik belirlenen  $H_d$ ,  $E_d$ ,  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten de görüleceği üzere  $H_d$  ve  $E_d$  sonuçları bütün coğrafi dağılım örnekleri için aynı değerleri vermektedir. Zira, meta topluluklar tüm coğrafi dağılım örneklerinde (a, b ve c'de) aynı yayılım alan değerlerine sahip olduklarından beklenildiği gibi  $H_d$  ve  $E_d$  değerlerinde bir değişim olmamıştır. Fakat bu durum  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  için geçerli değildir.  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$ 'nin en düşük değerleri meta toplulukların en homojen dağılım gösterdiği ( $\bar{w}_j = 1,11$ ) Ek

Şekil 1a örneğine denk gelmektedir. En heterojen dağılım örneğinde (Şekil 1c) ( $\bar{w}_j = 1,87$ ) ise  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  en yüksek değerlere sahip olmuştur. Ek Şekil 1'deki tüm örnekler için  $H_{wd}$  değerleri  $H_d$  değerlerinden daha yüksektir. Bu durum gayet normaldir. Zira  $H_d$  meta toplulukların serpilme durumlarını hesaba katmadığından onların coğrafi dağılımlarını tamamen homojen kabul etmektedir. Bütün  $E_{wd}$  değerleri ise  $E_d$  değerlerinden daha düşüktür. Zira  $E_d$  hesabında  $w_i$  olmadığından, onun bölen kısmına da  $w_{maxj}$  değeri yer almaz ve bu sebepten  $E_d$  değer kaybına uğrayamaz.  $E_{wd}$  değeri aynı mesafe ve yayılma alanına sahip meta topluluklarda sadece tamamen heterojen dağılım söz konusu olduğunda  $E_d$  değerine eşit olabilir.

Çizelge 4. Ek Şekil 1’de meta toplamlarının a,b ve c coğrafi dağılımlarına göre  $H_d$ ,  $E_d$ ,  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  hesaplama sonuçları

Ek şekil 1	$H_d$	$E_d$	$H_{wd}$	$E_{wd}$
a	1,0203	0,7360	1,1296	0,4074
b	1,0203	0,7360	1,4550	0,5248
c	1,0203	0,7360	1,8978	0,6845

Sonuç olarak, ekosistem çeşitliliği ve ekosistem eşitliği meta toplamların serpilme durumları dikkate alınmadan hesaplanır ise olması gerekenden daha düşük bir çeşitlilik değeri (negatif sapma) ve olması gerekenden daha yüksek bir eşitlik değeri (pozitif sapma) elde edilmektedir. Verilen bu küçük boyutlu hipotetik örnekte dahi fraktal boyutun hesaba katılmaması durumunda ekosistem çeşitliliği ve eşitliği hesaplarında dikkate değer sapmalar olmaktadır. Bu sonuçlar bize büyük hacimli gerçek verilerde ekosistem çeşitlilik ve eşitlik hesaplarının  $H_d$  ve  $E_d$ ’e dayandırılması durumunda sapmaların çok daha büyük olabileceğini bunların da yanlış yorumlara sebep olabileceği göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Önerilen ekosistem çeşitlilik indisi ( $H_{wd}$ ),  $H_d$ ’ye fraktal boyutun ( $w_j$ ) eklenmesinden oluşmaktadır. Ekosistem çeşitliliği hesabında fraktal boyut katkısının az olması veya çok olması istenebilir. Eğer fraktal boyut katkısının; az olması ( $\downarrow$ ) istenirse  $w_j$  yerine  $\sqrt{w_j}$  ( $H_{w\downarrow d} = -\sum_{j=1}^K \sqrt{w_j} p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$ ,  $E_{w\downarrow d} = \frac{-\sum_{j=1}^K \sqrt{w_j} p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{\sqrt{2} \ln \kappa}$ ) fazla olması ( $\uparrow$ ) istenirse  $w_j$  yerine  $w_j^2$  kullanılabilir. ( $H_{w\uparrow d} = -\sum_{j=1}^K w_j^2 p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$ ,  $E_{w\uparrow d} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_j^2 p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{4 \ln \kappa}$ ).

$H_{wd}$  eşitliğinde yer alan  $d_{ij}$  meta toplamlar arası ortalama mesafe hesabına dayandırılmıştır. Meta toplamlar arası mesafenin daha duyarlı hesaplanması mümkündür. Daha duyarlı mesafe hesapları için iki yol önerilebilir.

1. Meta toplum çiftlerinin birbirleri ile eş tutulan (Şekil 1 içinde Bölge 3’deki) komplekslerine ait mesafe değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri (veya ortalama, minimum ve maksimum değerleri) kullanarak Monte Carlo testi yapmak ve buradan elde edilen sonucu kullanmaktadır.

2. Ricotta ve Marignani (2007)’nin önerdiği Rao’nun kuaratik entropisine dayalı beta çeşitliliğini kullanmaktadır. Bu yöntem ile beta çeşitliliği hesabında meta toplamların içerdiği komplekslerin sayısı farklı olabilir. Rao’nun kuaratik entropisine dayalı beta çeşitliliği hesabı ile meta toplum çiftleri arasındaki mesafeyi belirlemek istediğimizden  $M = 2$ ’dir.  $\sum_{m=1}^M w_m = 1$  ve  $\sum_{j=1}^{N_m} p_{jm} = 1$  olup,  $w_m$  meta toplum  $m$  için ağırlık değerini ve  $N_m$  meta toplum  $m$ ’in içerdiği örnek alan sayısını ifade eder. Eğer hesaba alınan meta toplamların  $w_m$  değerleri birbirlerine eşit ise, bu durumda her bir meta toplum için  $w_m = 1/M$  olur. Genelde meta toplamlar için  $w_m$  değerlerinin tespitinde onların içerdikleri örnekleme boyutları dikkate alınır. Meta toplamlar büyük ihtimalle birbirlerinden farklı

sayıda tür ve/veya birey içerdiğinden onların  $w_m$  değerleri de birbirlerinden farklı olur.

$Q_T$  hesaba alınan tüm meta toplumlardan elde edilen toplam kuaratik entropi değeridir. Bu formun menşesi Simpson çeşitlilik indisi (1 -  $\lambda$ ).

$$1 - \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 = 2 \sum_{i=1}^S p_i p_j \quad (12)$$

Eşitlik 12’de  $S$  tür sayısı olup,  $1 - \lambda$  eşitliğinin  $2 \sum_{i=1}^S p_i p_j$  şeklindeki ifadesi ona yeni bir eklentinin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu eklenti ile entropi veya çeşitlilik hesabında karakter tabanlı veriler devreye sokulabilir. Diğer bir değişle karakter tabanlı elementler arası farklılık ( $d_{ij}$ ) Rao’nun kuaratik entropi hesabında ( $Q$ ) kendine yer bulmaktadır.

$$Q = 2 \sum_{i \neq j}^S d_{ij} p_i p_j \quad (13)$$

Farklı kuaratik entropi değerlerinin karşılaştırılmasında oransallık yeterli ise bu durumda eşitliği aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$Q = \sum_{i \neq j}^S d_{ij} p_i p_j = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S d_{ij} p_i p_j \quad (14)$$

$Q_T$  hesabı dikkate alınan bütün meta toplamlarına yönelik hesap olduğundan, işlemde kullanılan oransal değerler ağırlık faktörleri hesaba katılarak belirlenir ( $p_{jT} = w_m p_{jm}$ ) (Ricotta ve Marignani, 2007).  $Q_T = \bar{Q}_{ic} - Q_{ara}$  olup,  $Q_{ara}$  bulmak istediğimiz değerdir, zira, o iki meta toplum arasındaki beta çeşitliliğin yada mesafenin sayısal ifadesidir.

$$Q_{ara} = Q_T - \bar{Q}_{ic} \quad (15)$$

İki meta toplum arasında türler bakımından hiçbir benzerlik yok ise, bu durumda  $Q_{ara}$ ’nın maksimum değeri=0,5 olur. Bu sebepten  $2Q_{ara}$  mesafe değerini kalibre eder.

$H_{wd}$  eşitliğindeki mesafe değerleri ( $d_{ij}$ ) farklı özelliklere ait olabilir. Ricotta ve Szeidl (2006)  $H_d$  içinde yer alan mesafelerin ( $d_{ij}$ ) filogenetik ilişkilerden türetileceğini, Linnaean taksonomi ağacından elde edilebileceği veya fonksiyonel özelliklere dayandırılabilirliğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda taksonomik beta çeşitliliği, filogenetik beta çeşitliliği veya fonksiyonel beta çeşitliliği meta toplamlar arası mesafe ( $d_{ij}$ ) hesaplarında kullanılabilir. Bu hesaplama teknikleri ile ilgili detaylı bilgiler Özkan (2016) tarafından verilmiştir.

$H_{wd}$  formülünde yer alan  $w_j$ ’de farklı amaçlar için kullanılabilir.  $w_j$  belki meta toplamların nadirlik, endemiklik veya verimlilik gibi özelliklerine değer biçilerek hesaplanabilir. Fakat bu durumda  $H_{wd}$  eşitliği için ekosistem çeşitliliği yerine başka ifadelerin kullanılması gerekebilir.

Uzaktan algılama verileri veya uydu görüntüleri kullanılarak yapısal çeşitliliğin modellenmesi ve haritalaması ile ilgili yapılan çalışmalarda (Özdemir vd., 2008; Özdemir ve Karnieli, 2011; Özdemir vd., 2012; Mert vd., 2016), arazi çeşitlilik indisleri veya tekstür parametreleri kullanılmaktadır. Bu yüzden  $H_{wd}$  indisi bu

aland da kendine yer edinme potansiyeli sahiptir. Ancak, benzer şekilde eğer  $H_{wd}$  uzaktan algılama verileri kullanarak veya ekosistemlerin aktüel durumu dikkate alınarak hesaplanır ise, ekosistem çeşitliliği ifadesine karşılık gelmeyebilir. Zira ekosistem çeşitliliği hesabında meta toplumların potansiyel yayılış alanları dikkate alınmaktadır ve “potansiyel dağılım” meta toplumların yayıldığı ve yayılmaya uygun olduğu alanların bütünü içeren bir kavramdır. Meta toplumların potansiyel dağılım haritalaması, ekosistem sınıflandırması (Host vd., 1996; Kusbach, 2010), ekolojik arazi sınıflandırması (Klijn ve Udo de Haes, 1994; Özkan ve Gülsoy, 2010), potansiyel (doğal) vejetasyon sınıflandırması (Brzeziecki vd., 1993; Lillesø vd., 2001) veya orman yetiştirme ortamı sınıflandırması (Barnes vd., 1982; Karatepe, 2004) isimleri altında farklı kabul, yol ve teknikler uygulanarak gerçekleştirilmektedir.

Bahsetmeye değer diğer bir konu, ekosistem çeşitliliğinin zaman boyutundaki değişimini incelemek için önerilen çeşitlilik indisinin nasıl kullanılması gerektiği ile ilgilidir.

Eğer bir ekosistem için sayısal haritalara (çevresel ve iklim değişkenlerine ait haritalara) dayanarak model tabanlı meta toplum dağılım haritalaması yapılmış ise, bu ekosistemde yer alan meta toplumların iklim değişiminin farklı senaryolarına göre gelecekteki olası dağılımları da çıkarılabilir. Böyle bir durumda o ekosistem için günümüz şartlarındaki ekosistem çeşitliliği gelecekte meta toplumların olası coğrafi alan değişimlerine göre belirlenecek ekosistem çeşitlilik değeri ile karşılaştırılabilir. Bu şekilde bir karşılaştırma yaparken meta toplumların tür kompozisyonu ile ilgili değişimler bilinemeyeceğinden veya bu değişimlerin kestirimi çok zor olacağından meta toplumlar arası  $d_{ij}$  değerleri sabit alınacaktır. İklim değişim simülasyonu ile geleceğe yönelik ekosistem çeşitliliği kestiriminde değişen girdiler sadece meta toplumların gelecek zamana ait (simülasyon zamanına) olası kaplama alan değerleri ile olası serpilme değerleri olacaktır.

Bununla birlikte eğer bir bölge için ekosistem çeşitliliğinin zamansal karşılaştırılmasında gerçek veriler kullanılacak ise bu durumda, son zaman ölçümündeki meta toplum kompozisyonları ilk zaman ölçümüne göre az çok farklı olacaktır. Haliyle ilk zaman ölçümleri ile belirlenmiş olan meta toplumlar arası  $d_{ij}$  değerlerinde de değişimler olacaktır. Böyle bir durumda, iki farklı zamana ait elde edilmiş meta toplumların tür kompozisyon verileri birbirinden bağımsız değerlendirilmemelidir. Meta toplumlar arası mesafe değeri değişimini doğru ifade etmek için, son zaman diliminden bir meta toplum için elde edilen tür kompozisyonu, ilk zaman envanteri ile elde edilen diğer meta toplumların tür kompozisyonu ile eşleştirilmeli ve bu eşleştirmeden elde edilen mesafe değerleri kullanılmalıdır. Mesafe değerleri için uygulanacak bu işlem ekosistem çeşitliliğinin hesabındaki diğer girdiler için geçerli değildir. Diğer bir değişle son zaman dilimi için tespit edilecek ekosistem çeşitliliği için yine meta toplumların son zaman dilimine ait yayılma alan değerleri ve coğrafi serpilme durumları kullanılmalıdır.

Meta toplumların yayılma alanları, serpilme durumları ve tür kompozisyonları ekosistem çeşitlilik ve eşitlik indislerinin hesaplama girdileridir. Bundan dolayı bu indisler ekosistemlerin genel durumunu en iyi şekilde

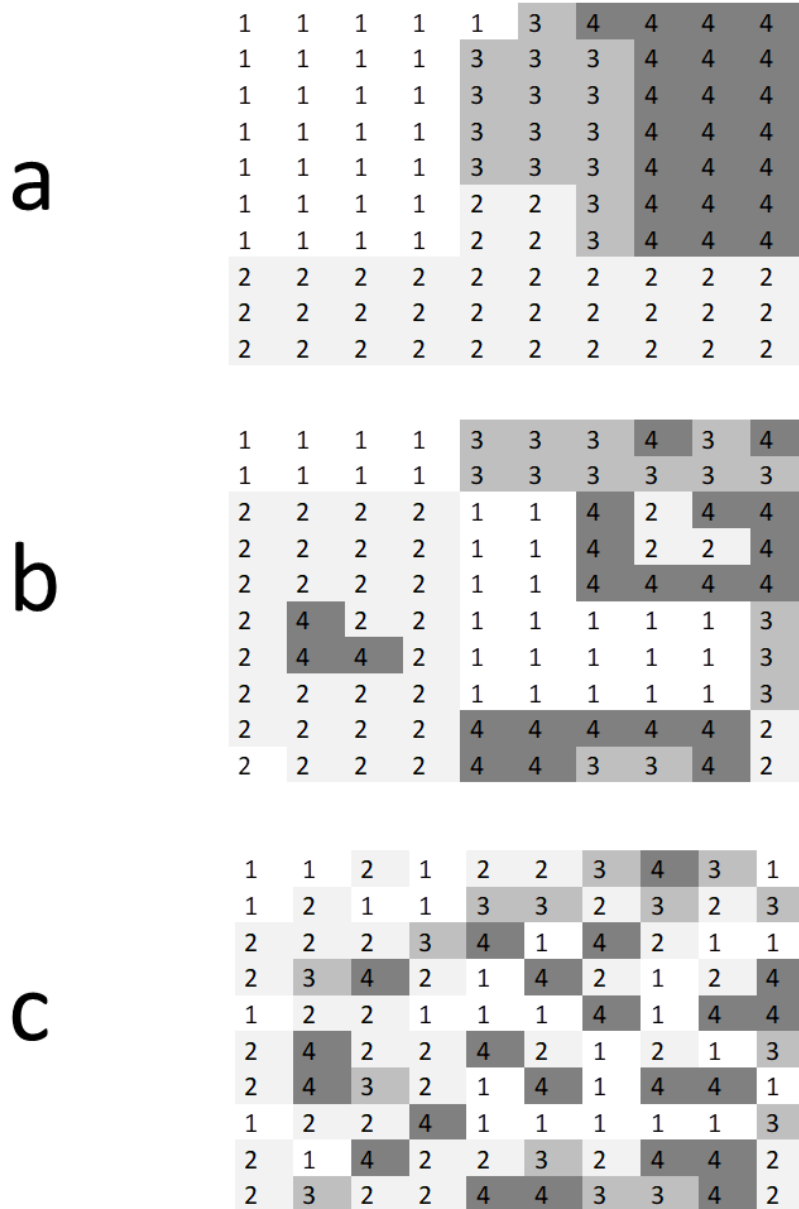
özetleyebilirler, onların mekânsal ve zamansal değişimlerinin algılanmasında kullanılabilirler.

#### Kaynaklar

- Barnes, B.V., Pregitzer, K.S., Spies, T.A., Spooner, V.H., 1982. Ecological forest site classification. *Journal of Forestry*, 80(8): 493-498.
- Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4): 325-349.
- Brzeziecki, B., Kienast, F., Wildi, O., 1993. A simulated map of the potential nature forest vegetation of Switzerland. *Journal of Vegetation Science*, 4(4): 499-508.
- Clark, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1): 117-143.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Eric, R.O., Ramsey, R.D., 1993. A modified fractal dimension as a measure of landscape diversity. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(10): 1517-1520.
- Feoli, E., Ganis, P., Ricotta, C., 2013. Measuring diversity of environmental systems. In: *Pedodiversity* (Ed: Ibáñez, J.J., Bockheim, J.), CRC Press, New York, pp. 29-58.
- Guiasu, R.C., Guiasu, S., 2012. The weighted Gini-Simpson Index: revitalizing and old index of biodiversity. *International Journal of Ecology*, 1-10.
- Host, G.E., Polzer, P.L., Mladenoff, D.J., White, M.A., Crow, T.R., 1996. A quantitative approach to developing regional ecosystem classifications. *Ecological Applications*, 6(2): 608-618.
- Karatepe, Y., 2004. Eğirdir Gölü Havzası'nın yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keith R., Shackle, R.K., 2010. Using weighted entropy to rank chemicals in quantitative high throughput screening experiments. *Journal of Biomolecular Screening*, 19(3): 344-353.
- Klijn, F., Udo de Haes, H.A., 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecology*, 9(2): 89-104.
- Kusbach, A., 2010. Terrestrial ecosystem classification in the Rocky Mountains, northern Utah. PhD dissertation, Utah State University, Logan, Utah, USA
- Lillesø, J-P.B., Shrestha, T.B., Dhakal, L.P., Nayaju, R.P., Shrestha, R., 2001. The Map of Potential Vegetation of Nepal. A Forestry/Agro-ecological/Biodiversity Classification System. Draft. Nature Resource Management Sector Assistance Program, Kathmandu, Nepal.
- Mert, A., Aksan, Ş., Özkan, Y.U., Özdemir, İ., 2016. Landsat-8 OLI uydu görüntüsünden çıkartılan arazi çeşitliliği ile kuş türü zenginliği arasındaki ilişkiler. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 17(1): 68-72.
- Özdemir, İ., Karnieli, A., 2011. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(5): 701-710.
- Özdemir, İ., Mert, A., Şentürk, Ö., 2012. Predicting landscape structure metrics using aster satellite data. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 20(2): 168-176.
- Özdemir, İ., Norton, D.A., Özkan, U.Y., Mert, A., Özdemir, Ş., 2008. Estimation of tree size diversity using object oriented texture analysis and Aster Imagery. *Sensors*, 8(8): 4709-4724.
- Özkan, K. 2016. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri ( $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$ ) Nasıl Ölçülür* (1. Basım). Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, Isparta.

- Özkan, K., Gülsoy, S., 2010. Ecological land classification and mapping based on vegetation-environmental hierarchical analysis-A case study of Buldan forest district (Turkey). *Polish Journal of Ecology*, 58(1): 55-67.
- Rao, C.R., 1982. Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach. *Theoretical Population Biology*, 21(1): 24-43.
- Ricotta, C., 2002. Bridging the gap between ecological diversity indices and measures of biodiversity with Shannon's entropy: comment to Izsák and Papp. *Ecological Modelling*, 152(1): 1-3.
- Ricotta, C., Burrascano, S., 2008. Beta diversity for functional ecology. *Preslia*, 80(1): 61-71.

- Ricotta, C., Marignani, M., 2007. Computing  $\beta$ -diversity with Rao's quadratic entropy: a change of perspective. *Diversity and Distribution*, 13(2): 237-241.
- Ricotta, C., Szeidl, L., 2006. Towards a unifying approach to diversity measures: Bridging the gap between the Shannon entropy and Rao's quadratic index. *Theoretical Population Biology*, 70(3): 237-243.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.
- Sreevally, A., Varma, S.K., 2004. Generating measure of cross entropy by using measure of weighted entropy. *Soochow Journal of Mathematics*, 30(2): 237-243.



Ek Şekil 1. Meta toplumların hipotetik mekansal dağılım verileri (a: homojen dağılım, b: yarı homojen dağılım, c:heterojen dağılım) (Fraktal boyut hesaplamasında 10x10 hücre verisi dışında kalan komşu hücreler bütün meta toplumlar için farklı kabul edilmiştir)



Ek Çizelge 1. Hipotetik örnek alan tür veri tablosu (( $S_i$ ) türleri, ( $C_i$ ) örnek alanları ifade etmektedir)

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$	$C_{18}$	$C_{19}$	$C_{20}$	$C_{21}$
$S_1$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_2$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_3$	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
$S_4$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_5$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_6$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_7$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_8$	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
$S_9$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_{10}$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_{11}$	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
$S_{12}$	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_{13}$	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{14}$	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{15}$	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_{16}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_{17}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_{18}$	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{19}$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
$S_{20}$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_{21}$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$S_{22}$	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$S_{23}$	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$S_{24}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{25}$	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{26}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
$S_{27}$	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
$S_{28}$	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$S_{29}$	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{30}$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0
$S_{31}$	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$S_{32}$	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
$S_{33}$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$S_{34}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$S_{35}$	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
$S_{36}$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
$S_{37}$	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
$S_{38}$	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
$S_{39}$	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
$S_{40}$	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
$S_{41}$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{42}$	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{43}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{44}$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{45}$	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{46}$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$S_{47}$	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{48}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
$S_{49}$	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{50}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0