

Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı

Kürşad Özkan^a, Ecir Uğur Küçüksille^b, Ahmet Mert^c, Serkan Gülsoy^{a,*}, Halil Süel^d,
Murat Başar^e

Özet: Biyolojik çeşitlilik ekosistemlerin sağlığı ve dinamizmi için büyük öneme sahiptir. Bu sebepten biyolojik çeşitlilik doğa bilimleri ile ilgili disiplinlerin başlıca konularından birisidir. Biyolojik çeşitliliğin ölçümü için farklı indisler geliştirilmiştir. Bu indisler ile canlı toplumlarının çeşitliliği alfa (birim içi), beta (birimler arası) ve gama (toplam veya üst birim) düzeyinde hesaplanabilmektedir. Biyolojik çeşitlilik alanında her bir çeşitlilik bileşeninin hesabı için farklı kabuller ile geliştirilmiş olan bu indisler sayesinde, konu ile ilgili çalışan araştırmacılar bu hesaplama tekniklerini alternatifleri ile birlikte kullanabilmekte, araştırma sonuçlarını daha etkin ve verimli bir biçimde değerlendirebilmektedir. Bu şekilde elde edilen değerlendirme sonuçları biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürekliliğinin sağlanması yönündeki politikalara ve uygulamalara yön vermektedir. Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışma ile Türkiye’de biyolojik çeşitlilik konusunda çalışan araştırmacılar için önemli bir ihtiyaç olduğu düşünülerek “Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı” isimli bir yazılım oluşturulmuştur. Yazılım alfa düzeyinde tür zenginlik ölçümleri, heterojenlik indisleri ve tür bolluk modellerini, beta ve gama düzeyinde ise ikili ve sürekli verilerin; iki toplum arasında ve evrensel ölçekte çeşitlilik hesaplamalarını kapsamaktadır. Yazılım, biyolojik çeşitlilik konusunda doğrudan veya dolaylı çalışma yapan tüm araştırmacıların kendi konuları ile ilgili hesaplamaları yapması için web tabanlı ve masaüstü uygulaması şeklinde tasarlanmıştır. Bu sayede kolay ulaşılabilir ve kullanıcı dostu olarak hayata geçirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada BİÇEB yazılımının tanıtımı yapılarak, kullanımını hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Benzemezlik, Shannon, Simpson, Margalef, Sorensen, Whittaker

A software for Estimating Biodiversity Components (BİÇEB)

Abstract: Biodiversity is of crucial importance for ecosystem health and functioning. It is thus one of the most important topics in the various disciplines of the Nature Science. Various indices have been improved to measure biodiversity. By using those indices, biodiversity can be estimated at alpha (within a given site), beta (between the sites) and gamma (total) levels. Thanks to presence of many indices for calculating of biodiversity components, the researchers can use these calculation techniques with their alternatives and evaluate the research results more effectively and efficiently. This situation provides an important advantage to arrive more productive and accurate results about biodiversity studies. The information obtained from such studies are particularly important for the identification of the policies and implementations for conservation and sustainability of the biodiversity in the natural ecosystems. In this sense, by thinking as an important demand for the researchers in Turkey, it was thought that making a software called by our study team as “A Software for Measuring Biodiversity Components (BİÇEB)” can be useful. This software includes species richness measures, heterogeneity measures and species abundance models at alpha level, and computations between two communities, and among the communities by using binary and abundance data at beta and gamma level. The software is designed in two forms as web and desktop application. In this way, it is aimed to be an easily accessible and user friendly software. In this study, it is aimed to give information about BİÇEB software.

Keywords: Dissimilarity, Shannon, Simpson, Margalef, Sorensen, Whittaker

1. Giriş

Ekosistemlerin dinamizmi, sağlığı ve sürekliliği açısından kilit rolü bulunan biyolojik çeşitlilik, toplum ekolojisi ve koruma biyolojisinin merkez konularından birisidir (Daily, 1997; Mace vd., 2012). Son yıllarda artan dünya nüfusu ile birlikte doğal alanlarda ciddi tahribatlar meydana gelmiş, orman alanlarında ise daralmalar olmuştur

(Cochrane vd., 1999). Ayrıca insanların çeşitli kimyasallara (dichloro-diphenyl-trichloro ethane-DDT, kloroflorokarbon-CFCs vb.) yönelmesi, doğal alanlara devasa yapılar inşa etmesi ve bilinçsiz ulaşım mekanizmaları gibi pek çok durum karasal, sucul ve atmosferik ortamlarda kirliliğe ve tahribata yol açmıştır. Belirtilen bu ve benzer sebeplerden dolayı küresel ölçekte biyolojik çeşitlilik azalmaya başlamış olup, bu durum özellikle doğa bilimleri alanında çalışma

^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü 32260 Isparta, Türkiye

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

^c Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

^d Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, 32900 Isparta, Türkiye

^e T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, 06560 Ankara, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): serkangulsoy@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.04.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.08.2020



Citation (Atıf): Özkan, K., Küçüksille, E.U., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Başar, M., 2020. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı. Turkish Journal of Forestry, 21(3): 344-348.

yapan birçok araştırmacının konusu olmuştur. Zira bu konunun önemi özellikle 1992 yılında Brezilya'nın Rio De Janerio kentinde düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'ndan sonra çok daha fazla anlaşılmaya başlamıştır (Summit, 1992). Bu konferansta dünya genelinde giderek azalan biyolojik çeşitliliğin korunması, sürdürülebilir kullanımın önemi ve özellikle genetik kaynaklardan sağlanan faydaların adil bir şekilde dağıtımı ve paylaşımını sağlamak amacıyla "Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Çerçeve Sözleşmesi" imzalanmıştır. Türkiye'de bu sözleşmeyi 1996 yılı Ağustos ayında imzalandıktan sonra, aynı yılın Aralık ayı itibarı ile onaylama işlemlerini tamamlayıp resmen taraf olmuştur (Topçu, 2012). Bu sözleşme ile Türkiye biyolojik çeşitliliğin korunması ve biyolojik çeşitliliği oluşturan unsurlardan sürdürülebilir kullanımın sağlanmasına yönelik hedefleri gerçekleştirmeyi taahhüt etmiştir.

Sözleşmede ülkemizin öncelikli olarak durum tespitinin yapılması, biyoçeşitlilik konusundaki strateji ve önceliklerin belirlenmesi gündeme gelmiştir. Bu amaçla Türkiye Ulusal Biyoçeşitlilik Eylem Planları hazırlanarak sözleşmenin uygulanması için gerekli olan ilk adım atılmıştır (ÇB, 2001; ÇOB, 2007). Söz konusu biyoçeşitlilik eylem planları ile taraf olduğumuz sözleşmenin ülkemizde uygulanabilmesi için bir çerçeve belirlenerek biyoçeşitlilik konusunda hazırlanacak plan, program ve stratejilere veri temin edilmesinin yolu açılmıştır. Bu dönemden itibaren ülkemizde biyolojik çeşitlilik konusunda çalışma yapan ilgili kurum ve kuruluşlarca yoğun bir envanter çalışması yapılarak, elde edilen verilerin izlenmesi aşamasına kadar gelinmiştir (OSİB, 2011). Fakat genel olarak yapılan çalışmalarda sadece ham veriler elde edilmiş olup, bunların uygun yöntemlerle işlenmesi gerektiği şeklinde bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu aşamada ise elde edilen verilerin çeşitli teknik ve algoritmalarla işlenmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle biyolojik çeşitliliğin sayısal hale dönüştürülmesi ve konuya yönelik araştırmalarda daha detaylı bilgilere ulaşılması gerekmektedir.

Biyolojik çeşitlilik hesaplamaları geniş bir konu olup, bu konuda günümüze kadar birçok algoritma geliştirilmiş veya önerilmiştir. Bu kadar hesaplama seçeneğinin olması, konu ile ilgili olan araştırmacıların kendi verileri için biyolojik çeşitlilik hesabına yönelik de birçok seçeneğin doğması anlamına gelmektedir. Ne var ki biyolojik çeşitlilik konusunda çalışan araştırmacıların bir kısmı bu alanda kullanılan indis ve algoritmalara bazen hakim olamamakta ve bu konudaki gelişmeleri takip edememektedir. Bu gayet doğaldır, çünkü doğa bilimleri alanında yapılan çalışmalarda vaktin büyük kısmı envanter, teşhis ve laboratuvar analizleri ile geçmektedir. Fakat biyolojik çeşitlilik konusunda çalışan araştırmacıların bahsi geçen yöntemlere ulaşması ve kullanmasına bu durum engel değildir. Çünkü biyolojik çeşitlilik hesaplamalarına yönelik yazılımlar bu sorunu büyük oranda ortadan kaldırmaktadır. Biodiv, Past, EstimateS, Paup biyolojik çeşitlilik hesaplamalarında en fazla bilinen ve kullanılan yazılımlardır. Ancak bu yazılımların tamamı yurt dışında yapılmıştır. Ülkemizde bu konuya yönelik hiçbir yazılım gerçekleştirilmemiştir. Yazılımların bazılarında yöntemler kullanım kılavuzu dosyasında açıklansa da bu açıklamalar genel olarak kullanılan yöntemlere yönelik formüller ve literatürlerden ibarettir. Bu yazılımlara yönelik kullanım kılavuzu dosyasında yöntemlerin hangi amaçlarla, hangi şartlarda kullanılacağına yönelik örnek veriler ile yol gösterici işlemler ve ekolojik

yorumlar yer almamaktadır. Diğer yandan bu yazılımları kullanacak araştırmacı yazılımlardan sorumlu kişilere kolay ulaşamamakta ve istediği cevapları alamamaktadır. Yazılımlara ait menü ve açıklama kılavuzlarının İngilizce olması ise, yabancı dil bilmeyen veya İngilizce dışında farklı yabancı dil bilen araştırmacıların bu yazılımları anlamasını ve kullanmasını zorlaştırmaktadır.

Türkiye'de biyolojik çeşitlilik konusunda çalışan araştırmacıların kolay anlayabilecekleri, erişebilecekleri ve kullanabilecekleri "Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı" adıyla bir yazılım geliştirilmiştir. Böylece biyolojik çeşitlilik hesaplamaları ile ilgili karşılaşılabilecekleri sorunlara büyük oranda cevap bulabilecekleri bir ortam oluşturulmuştur. BİÇEB ile bir yandan ülkemizin dahil olduğu biyoçeşitlilik sözleşmelerinin gereği olarak yapılan işlemlerde başarının artmasına katkı sağlanması, diğer yandan ise bu konu ile ilgili araştırma yapan kişilerin teşvik edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada ise BİÇEB yazılımının tanıtımı yapılarak, kullanımı hakkında bilgiler verilmiştir.

2. Yazılımda bulunan çeşitlilik indisleri

BİÇEB yazılımı geleneksel çeşitlilik indislerinin alfa (α), beta (β) ve gama (γ) düzeyindeki hesaplamalarını ihtiva etmektedir.

Yazılımda, alfa çeşitlilik ölçümleri sekmesi altında tür zenginlik ölçümleri, heterojenlik indisleri ve tür bolluk modelleri yer almaktadır. Tür zenginlik ölçümleri içinde tür sayısı (tür zenginliği) (Peet, 1974), Margalef indisi (Clifford ve Stephenson, 1975), Menhinick indisi (Whittaker, 1977), Chao1 indisi (Colwell ve Coddington, 1994) ile bağımlı (Sanders, 1968; Hurlbert, 1971) ve bağımsız seyreltme yöntemleri (Hurlbert, 1971) bulunmaktadır. Heterojenlik indisleri içinde Shannon Wiener (Shannon, 1948; Pielou, 1969), Brillion (Pielou, 1975), Simpson (Simpson, 1949; Pielou, 1969), McIntosh (McIntosh, 1967) ve Berger Parker (Berger ve Parker, 1970) indisleri yerleştirilmiştir. Programda tür bolluk modelleri içinde Q serileri (Kempton ve Taylor, 1978), log normal (Pielou, 1975) ve log serileri (Taylor vd., 1976; Magurran, 1988) yer almaktadır. Jack knifing indisi (Zahl, 1977; Adams ve McCune, 1979; Heltshe, 1979) ve SHE analizi'de (Zamfirescu ve Zamfirescu, 2003) bu sekme altına eklenmiştir.

Yazılımda beta çeşitliliği var-yok verileri ve sayılabilen veriler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Var-yok verileri hesabı iki topluma göre ve iki toplumdaki fazla (evrensel) olmak üzere iki şekilde ifade edilmiştir. İki toplum arası hesaplamalarda 17 indis (Koleff vd. 2003; Özkan, 2016;), evresel beta çeşitliliği hesabında 6 indis bulunmaktadır (Whittaker, 1960; Cody, 1975; Routledge, 1977; Wilson ve Shmida, 1984; Özkan, 2016). Sayılabilen veriler için beta çeşitlilik hesabı da benzer şekilde iki topluma göre ve iki toplumdaki fazla (evresel) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Programda iki toplum için 6 yöntem (Özkan, 2016) ve evrensel için 4 yöntem (Shannon, 1948; Lande, 1996; Jost, 2007; Anderson vd., 2011; Legendre ve Cáceres, 2013) yer almaktadır.

Evrensel beta çeşitlilik hesapları iki toplumdaki oluşan bir meta toplumdaki içinde kullanılabilir. Diğer yandan, var-yok verilerine dayanan evrensel beta çeşitlilik hesaplarında Whittaker beta çeşitlilik yönteminin ve sayılabilen verilerin beta çeşitliliği hesaplama tekniklerinden Simpson, Shannon Wiener ve üstel Shannon Wiener yöntemlerinin sonuçları

ortalama alfa çeşitliliği ve gama çeşitliliği hesaplarını da içermektedir.

Tüm bu yöntemler ile ilgili daha detaylı bilgi program içinde bulunan yazım kılavuzunda (<http://kantitatifekoloji.net/biceb/dosyalar/biceb-kilavuz-v1.pdf>) yer almaktadır.

3. Yazılım bilgisi, kurulum ve gereksinimler

Projede önerilen yazılım Python programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir (Python Data Analysis Library, 2020). Python programlama dili; açık kaynak olması, geniş kütüphane desteği ve geliştirilen uygulamanın platform bağımsız olarak çalışabilmesi nedeni ile seçilmiştir. Projenin açık kaynak olarak dağıtım imkanı olduğundan, kullanıcıların kodlar üzerinde değişiklik yapması mümkün olmaktadır. Yazılım geliştirme sürecinde PyQt5, Numpy, Pandas, Matplotlib, XlsxWriter, Scipy, Xlrd ve Pillow kütüphaneleri kullanılmıştır (Matplotlib, 2020; NumPy, 2020; Pillow, 2020; Python Bindings For The Qt Cross Platform Application Toolkit, 2020; SciPy, 2020; xlrd, 2020; XlsxWriter, 2020).

BİÇEB hesaplama yazılımının kurulumu Windows, Linux veya MacOS işletim sistemi olan bilgisayarlara yapılabilmektedir. Kurulum ile ilgili ayrıntılı bilgilere <http://kantitatifekoloji.net/biceb/> sayfasından ulaşılabilmektedir.

BİÇEB hesaplama yazılımı herhangi bir işletim sistemi olan bilgisayarın sabit diskine indirilip herhangi bir yere kaydedebilir. İndirme işleminin ardından otomatik olarak yazılımın masaüstünde zip dosyası gözükecektir. Bu dosyaya girerek program başlatıldığında ilk açılış ekranı Şekil 1'deki gibi olacaktır.

Bu ekran yazılımın ana ekranı olup "Dosya", "Çeşitlilik", "Say.Or.İndisler", "Tür Bolluk", "Beta Çeşitliliği" ve "Yardım" menülerine sahiptir. Dosya menüsü; "Aç", ve "Kapat" seçeneklerine sahiptir. Aç Seçeneği ile "csv", "xls" ve "xlsx" formatında hazırlanmış bir dosya açılarak, içerik ana ekranda kullanıcıya gösterilmektedir (Şekil 2; Şekil 3).

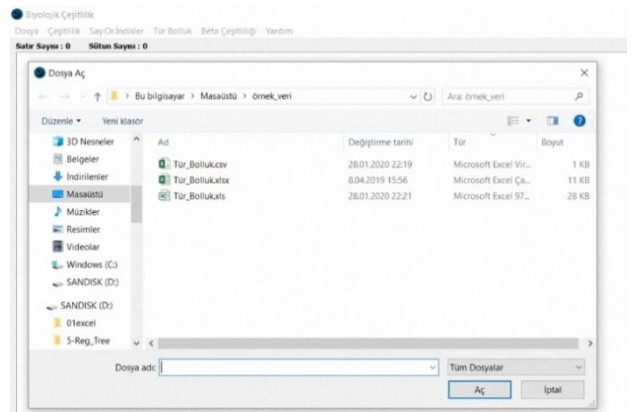
BİÇEB hesaplama yazılımı içerisinde dosya açıldıktan sonra ekranın sol üst bölümünde "Satır Sayısı" ve "Sütun Sayısı" bölümleri yer almaktadır. Bunlardan Satır Sayısı bölümü veri dosyası içerisindeki türleri, Sütun Sayısı ise örnek alan veya toplulukları ifade etmektedir. Ayrıca ana ekrandaki "Kapat" seçeneği yardımıyla yazılımdan çıkılmaktadır. Yazılımdaki diğer menülere ilişkin görünüm ise Şekil 4'te görüldüğü gibidir.

Yazılımdaki tüm çeşitlilik menü seçenekleri ile işlem yapılmasının ardından sonuç ekranına ulaşılmakta ve ilgili seçeneğe bağlı olarak sonuçların görünürlüğü sağlanmaktadır. Sonuç ekranında kullanıcıya "Kopyala" ve "Excel'e aktar" gibi iki seçenek sunulmaktadır. Kopyala seçeneği ile o an ekranda görülen sonuçlar clipboard'a aktarılmakta, Excel'e aktar seçeneği ile ise yine o an ekranda görülen sonuçların bir excel dosyasına kaydedilmesi sağlanmaktadır. Eğer kullanıcı çok fazla sütun sayısına sahipse, sonuçları Excel'e aktararak daha rahat inceleyebilmekte veya buradaki sayısal değerleri başka bir işleme aktarabilmektedir.

Yazılımın ayrıca sınırlı sayıda verinin analizi için web versiyonu da bulunmaktadır. Web versiyonda "Dosya Seç" kısmından veri dosyası yüklenerek sonuçlar alınabilmektedir (Şekil 5). Yazılımın Web versiyonuna <http://biceb.isparta.edu.tr/> adresinden ulaşılabilir.



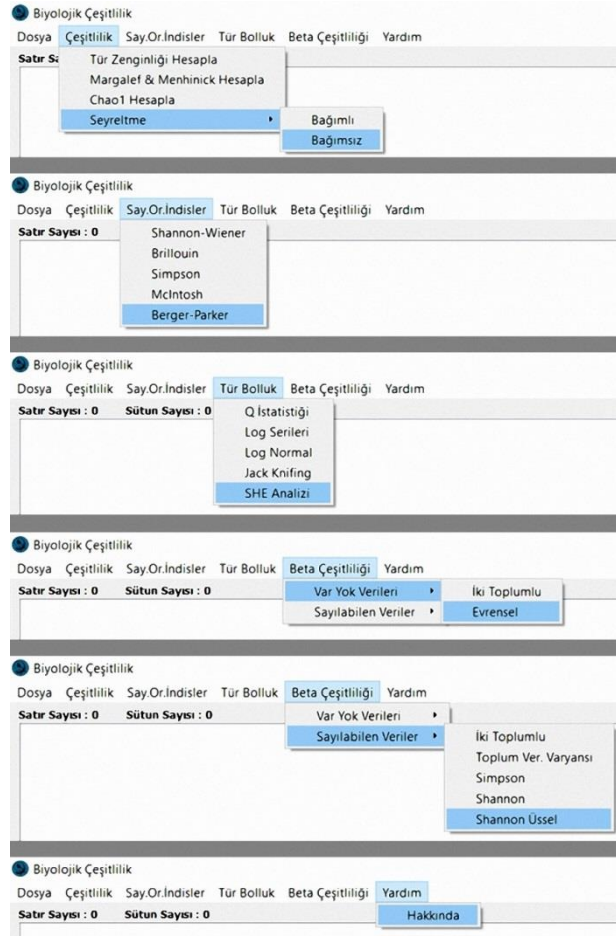
Şekil 1. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı karşılama ekranı



Şekil 2. Dosya Aç ekranı

	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8	OA9
S1	13	0	16	16	9	11	18	5	
S2	0	5	14	0	3	8	0	0	
S3	14	0	20	16	1	1	13	16	
S4	0	0	7	1	12	0	14	11	
S5	0	1	4	0	0	14	12	0	
S6	4	0	13	5	4	11	8	15	
S7	5	4	0	0	7	18	9	0	
S8	20	0	14	17	4	18	18	20	
S9	0	0	8	11	6	9	13	16	
S10	18	8	14	21	0	17	8	10	
S11	0	7	4	5	1	0	13	1	
S12	12	4	0	14	14	20	5	15	
S13	15	0	4	11	18	15	11	6	
S14	4	1	2	0	11	3	0	8	
S15	0	2	0	0	0	0	0	0	
S16	11	2	14	0	5	7	0	2	
S17	1	0	9	6	5	11	14	11	
S18	0	2	0	0	0	7	12	0	
S19	11	0	6	5	19	0	0	8	
S20	11	0	4	12	18	0	2	7	

Şekil 3. Açılan dosya içeriğinin gösterildiği ana ekran



Şekil 4. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BIÇEB) Hesaplama Yazılımı içerisindeki çeşitlilik menü seçenekleri



Şekil 5: Yazılımın web versiyonu açılış menüsü

4. Sonuç ve öneriler

BIÇEB (Biyolojik Çeşitlilik Hesaplama Yazılımı) hem masaüstü hem de web tabanlı olmak üzere iki şekilde kullanıcı hizmetine sunulmuştur. Programın masaüstü versiyonu Python programlama dili ve kütüphaneleri kullanılarak geliştirilmiştir. Web versiyonunun geliştirilmesinde ise, yine bir Python web uygulama çatısı olan Flask kullanılmıştır.

Program alfa (birim içi), beta (birimler arası) ve gama (toplam veya üst birim) çeşitlilik hesaplarında en fazla bilinen ve kullanılan yöntemleri içermektedir. Program kullanıcıyı kolaylığı dikkate alınarak hazırlanmış, hesaplama sonuçları düzenli ve sadedir. İlgili grupları için örnek veriler ile hesaplama süreçlerini içeren açıklamalar pdf dosyası halinde program içerisinde ilgili sekmeye yerleştirilmiştir.

Biyolojik çeşitliliğin hesaplanması veya kestirimi konusu açık uçlu bir konudur. Bundan dolayı biyolojik çeşitlilik hesaplamalarında kullanılan yöntemlerin sayısı oldukça fazladır ve yeni yöntem geliştirme çalışmaları da hala devam etmektedir. BIÇEB Türkiye’de biyolojik çeşitlilik hesaplamasına yönelik gerçekleştirilen ilk programdır. Program bir taraftan yapıldığı şekli ile ilgili gruplarının amaçlarına hizmet ederken diğer taraftan geliştirilmeye devam edilecektir.

Bu bağlamda, BIÇEB’in gelecekteki versiyonlarına öncelikle çeşitlilik profil tekniklerinin, sapma düzeltme eşitliklerinin ve karakter tabanlı çeşitlilik hesaplama tekniklerinin (taksonomik çeşitlik, fonksiyonel çeşitlik ve filogenetik çeşitlik) dahil edilmesi düşünülmektedir. Biyolojik çeşitlilik oldukça geniş bir kavram olduğundan, kimi araştırmacılar için bu konu kapsamında nadirlik ve enerji hesapları da önem arz etmektedir. Bu yüzden

gelecekte BİÇEB'in bünyesine tür ve toplum ölçeğinde nadirlik hesaplarının ve kuantum ekolojisi temelinde potansiyel enerji ayak izi hesaplarının yerleştirilmesi de mümkün olabilir.

Açıklama

TÜBİTAK-1005 Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı kapsamında 1170983 No'lu proje ile bu yazılımın gerçekleştirilmesi için destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Bu çalışma BİÇEB yazılımının ilk sürümünün tanıtım şeklinde International Conferences on Science and Technology Life Science and Technology ICONST LST 2019 sempozyumunda sunulmuş olarak özet metin halinde yayımlanmıştır.

Kaynaklar

- Adams, J.E., McCune, E.D., 1979. Application of the generalized jack-knife to Shannon's measure of information used as an index of diversity. In *Ecological Diversity in Theory and Practice*, J.F. Grassle, G.P. Patil, W. Smith, and C. Tailie (eds.), International Cooperative Publishing House, Fairland, Maryland, pp. 117-131.
- Anderson, M.J., Crist, T.O., Chase, J.M., Vellend, M., Inouye, B.D., Freestone, A.L., Sanders, N.J., Cornell, H.V., Comita, L.S., Davies, K.F., Harrison, S.P., Kraft, N.J.B., Stegen, J.C., Swenson, N.G., 2011. Navigating the multiple meaning of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14: 19-28.
- Berger, W.H., Parker, F.L., 1970. Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science*, 168(3937): 1345-1347.
- Clifford, H.T., Stephenson, W., 1975. An introduction to numerical classification (Vol. 240). New York: Academic Press.
- Cochrane, M.A., Alencar, A., Schulze, M.D., Souza, C.M., Nepstad, D.C., Lefebvre, P., Davidson, E.A., 1999. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. *Science*, 284 (5421): 1832-1835.
- Cody, M.L., 1975. Towards a theory of continental species diversities: bird distributions over Mediterranean habitat gradients. In: Cody M.L., Diamond J.M. (eds), *Ecology and Evolution of Communities*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, pp. 214-257.
- Colwell, R.K., Coddington, J.A., 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345(1311): 101-118.
- ÇB, 2001. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı. T.C. Çevre Bakanlığı, Ankara.
- ÇOB, 2007. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, <http://www.nuhungemisi.gov.tr/Content/Documents/ubsep-turkce.pdf>, Erişim: 20.01.2020.
- Daily, G.C., 1997. *Nature's services* (Vol. 3). Island Press, Washington, DC.
- Heltshe, J.F., 1979. Comparing diversity measures in sampled communities. In *Ecological Diversity in Theory and Practice*, J.F. Grassle, G.P. Patil, W. Smith, and C. Tailie (eds.), International Cooperative Publishing House, Fairland, Maryland, pp. 133-144.
- Hurlbert, S.H., 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52(4): 577-586.
- Jost, L., 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88(10): 2427-2439.
- Kempton, R.A., Taylor, L.R., 1978. The Q-statistic and the diversity of floras. *Nature*, 275: 252-253.
- Koleff, P., Gaston, K.J., Lennon, J.J., 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*, 72(3): 367-382.
- Lande, R., 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.
- Legendre, P., De Cáceres, M., 2013. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecology Letters*, 16(8): 951-963.
- Mace, G.M., Norris, K., Fitter, A.H., 2012. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 27: 19-26.
- Magurran, A.E., 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement* (Vol. 1). New Jersey: Princeton University Press.
- Matplotlib, 2020. Matplotlib version 3.1.2. <https://matplotlib.org/>, Erişim: 21.01.2020.
- McIntosh, R.P., 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology*, 48(3): 392-404.
- NumPy, 2020. The fundamental package for scientific computing with Python. <https://numpy.org/index.html>, Erişim: 21.01.2020.
- OSİB, 2011. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik İzleme Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, http://www.dkm.org.tr/Dosyalar/YayinDosya_pMbG8ME5.pdf, Erişim: 25.01.2020.
- Özkan, K., 2016. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β ve γ) Nasıl Ölçülür* (1. Basım). Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Isparta.
- Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1): 285-307.
- Pielou, E.C., 1969. *An introduction to mathematical ecology* (Vol. 2). Wiley-Interscience, New York.
- Pielou, E.C., 1975. *Ecological Diversity* (Vol. 1). Wiley-Interscience, New York.
- Pillow, 2020. The Python Imaging Library by Fredrik Lundh and Contributors. <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>, Erişim: 21.01.2020.
- Python Bindings For The Qt Cross Platform Application Toolkit, 2020. PyQt5 5.14.1. <https://pypi.org/project/PyQt5/>, Erişim: 21.01.2020.
- Python Data Analysis Library, 2020. Pandas is an open source, BSD-licensed library providing high-performance, easy-to-use data structures and data analysis tools for the Python programming language. <https://pandas.pydata.org/>, Erişim: 21.01.2020.
- Routledge, R.D., 1977. On Whittaker's components of diversity. *Ecology*, 58: 1120-1127.
- Sanders, H.L., 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *The American Naturalist*, 102(925): 243-282.
- SciPy, 2020. Scientific computing tools for Python. <https://www.scipy.org/about.html>, Erişim: 21.01.2020.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148): 688-688.
- Summit, E., 1992. The United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, 3-14.
- Taylor, L.R., Kempton, R.A., Woiwod, I.P., 1976. Diversity statistics and the log-series model. *The Journal of Animal Ecology*, 45: 255-272.
- Topçu, F.H., 2012. *Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi: Müzakereden Uygulamaya*. Marmara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Enstitüsü Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20(1), 57-97.
- xlrd, 2020. Library for developers to extract data from Microsoft Excel (tm) spreadsheet files. <https://pypi.org/project/xlrd/>, Erişim: 21.01.2020.
- XlsxWriter, 2020. Creating Excel files with Python and XlsxWriter. <https://xlsxwriter.readthedocs.io/>, Erişim: 21.01.2020.
- Whittaker, R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30: 279-338.
- Whittaker, R.H., 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biology*, 10: 1-67.
- Wilson, M.V., Shmida, A., 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72: 1055-1064.
- Zahl, S., 1977. Jackknifing an index of diversity. *Ecology*, 58(4): 907-913.
- Zamfirescu, O.A.N.A., Zamfirescu, Ş., 2003. Diversity analysis of Festuco rubrae-Agrostetum capillaris Horv. 1951 grasslands from the Stânişoara Mountains SW slopes. *Rev. Roum. Biol.-Biol. Végét.* 48(1-2): 105-113.