



BİÇEB

Biyolojik Çeşitlilik Bileşen Hesaplama Yazılımı

Kullanım Kılavuzu

Mart- 2020

ISPARTA

BİÇEB yazılımı Tübitak 1005 Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı bünyesinde desteklenen 117O983 nolu proje kapsamında hazırlanmıştır.

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Araştırmacılar:

Prof. Dr. Ecir Uğur KÜÇÜKSİLLE

Doç. Dr. Ahmet MERT

Doç. Dr. Serkan GÜLSOY

Dr. Öğretim Üyesi Halil SÜEL

Orman Mühendisi Murat BAŞAR

Atıf : ÖZKAN K., KÜÇÜKSİLLE E. U., MERT A., GÜLSOY S., SÜEL H., BAŞAR M. (2020). Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı. Turkish Journal of Forestry, 21, 344-348.

Bu kılavuzun içeriği ve yazılımın özellikleri güncel gelişmelere bağlı olarak mevcut kullanıcılara bildirilmeksizin değiştirilebilir. Karşılaşılabilecek sorunlara karşı değişim yapma hakkını saklı tutar. Karşılaşılan sorun ve çıkan sonuçlarda kullanıcı kaynaklı meydana gelecek hatalardan yazılım ekibi sorumlu değildir.

İletişim: bicebdestek@gmail.com

Teşekkür: BİÇEB yazılımının hazırlanmasında emeği geçen Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Güvenç NEGİZ, Dr. Öğr. Üyesi Özdemir ŞENTÜRK, Arş. Gör. Ali ŞENOL, Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR, Öğr. Gör. Alican ÇIVĞA, İbrahim TAVUÇ, Halil İbrahim ÜRKMEZ, Tunahan ÇINAR ve Ahmet KOCA'ya teşekkür ederiz.

ÖNSÖZ

Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (BİÇEB) hesaplama yazılımı, biyolojik çeşitlilik bileşenlerinin alfa (α), beta (β) ve gama (γ) düzeyinde hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Ülkemizde araştırmalara konu olma noktasında mazisi yakın geçmişe dayanan biyolojik çeşitlilik konusunda oldukça fazla veri mevcut olmasına rağmen, bu verilerin biyolojik çeşitlilik indisleri kullanılarak teknik olarak analiz edilmesi noktasında eksiklerin olduğu görülmektedir. Bu aşamada özellikle kullanılan yazılımların yabancı dillerde olmasının, ülkemizde bu konuda çalışma yapan araştırmacıları kısıtladığı düşünülerek, tamamen Türkçe dilde bir yazılımın oluşturulması amaçlanmıştır. Böylece özellikle Türkiye’de biyolojik çeşitlilik konusunda çalışma yapan araştırmacıların Türkçe dilinde rahatlıkla verilerini analiz etmelerine imkan tanınması ve onların cesaretlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu maksat ile oluşturulan Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı içerisinde ilk aşamada sadece geleneksel çeşitlilik indislerine yer verilmiştir. Zira biyoçeşitlilik verilerinin analizi için ihtiyaç duyulacak tüm yöntemlere bir yazılım içerisinde tek seferde yer vermek pek mümkün değildir. Dolayısıyla bu yazılımın gelecek yıllarda geliştirilmesi hedeflenmektedir. Diğer yandan yazılımın kullanım kılavuzu içerisinde yapay örnek veri matrisleri verilerek, bu veri matrisleri üzerinden analizlerin yapılışı hakkında örnek çözümler sunulmuştur. Bu örnek çözümler ile farklı canlı organizmalar için çalışma yapan araştırmacıların kendi konularına yazılım içerisindeki analizleri daha basit ve anlaşılır bir şekilde uyarlamalarına olanak sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca bu yazılım masaüstü ve online (web) uygulaması olarak iki şekilde oluşturulmuştur. Böylece BİÇEB yazılımının kolaylıkla ulaşılabilir ve kullanıcı dostu olmasına özen gösterilmiştir. Gerekli kontrolleri yapılarak kullanıcılar için hayata geçirilen bu yazılımın, Türkiye’de konu hakkında çalışma yapan araştırmacılara fayda sağlamasını dileriz. TÜBİTAK-1005 Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı kapsamında 117O983 No’lu proje ile bu yazılımın gerçekleşmesini sağlayan TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Orman Fakültesi
Orman Mühendisliği Bölümü

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. YAZILIM BİLGİSİ	3
2.1. PyQt5.....	4
2.2. NumPy.....	5
2.3. Pandas	5
2.4. Matplotlib	5
2.5. XlsxWriter	5
2.6. SciPy	5
2.7. Xlrd	6
2.8. Pillow	6
3. KURULUM VE GEREKSİNİMLER.....	7
4. YAZILIM İÇERİSİNDEKİ ÇEŞİTLİLİK İNDİSLERİ	11
4.1. Alfa (α) Çeşitlilik Hesaplamaları	11
4.2. Beta (β) ve Gama (γ) Çeşitlilik Hesaplamaları	20
5. YAZILIM İÇERİSİNDEKİ ÇEŞİTLİLİK MENÜLERİ İLE ÖRNEK ÇÖZÜMLER	26
5.1. Alfa (α) Çeşitlilik Hesaplamaları	30
5.1.1. Tür zenginliği (S) hesaplamaları	30
5.1.1.1. Doğrudan tür zenginliği (S) hesabı	31
5.1.1.2. Margalef (<i>DMG</i>) ve Menhinick (<i>DMN</i>) indisleri ile tür zenginlik hesabı	32
5.1.1.3. Chao1 indisi	34
5.1.1.4. Seyreltme işlemleri.....	35
5.1.1.4.1. Bağımlı seyreltme işlemi.....	35
5.1.1.4.2. Bağımsız seyreltme işlemi	36
5.1.2. Sayılabilen (bolluk) verilere göre alfa çeşitlilik hesaplamaları.....	39
5.1.2.1. Shannon-Wiener indisi	39
5.1.2.2. Brillouin indisi	41
5.1.2.3. Simpson indisi.....	42
5.1.2.4. McIntosh indisi	44
5.1.2.5. Berger-Parker indisi	45
5.1.3. Tür bolluk modellemeleri.....	47
5.1.3.1. Q istatistiği	47
5.1.3.2. Log serileri	48

5.1.3.3. Log normal.....	49
5.1.3.4. Jack-Knifing indisi	51
5.1.3.5. SHE analizi	52
5.2. Beta (β) ve Gama (γ) Çeşitlilik Hesaplamaları	54
5.2.1. Var-Yok verileri ile iki toplum arasında beta çeşitliliğinin hesabı.....	55
5.2.2. Var-Yok verileri ile evrensel beta çeşitliliğinin hesabı	56
5.2.3. Sayılabilen veriler ile iki toplum arasında beta çeşitliliğinin hesabı	58
5.2.4. Sayılabilen veriler ile evrensel beta çeşitliliğinin hesabı	59
5.2.4.1. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği	59
5.2.4.2. Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesaplanması.....	62
5.2.4.3. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesaplanması	64
5.2.4.4. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin üssel değerler ile hesaplanması	65
6. BİÇEB WEB UYGULAMASI	67
7. KAYNAKLAR.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. BİÇEB hesaplama yazılımı klasör yapısı.....	3
Şekil 2. BİÇEB hesaplama yazılımı sınıf diyagramı	4
Şekil 3. BİÇEB hesaplama yazılımı karşılama ekranı	8
Şekil 4. Dosya Aç ekranı	8
Şekil 5. Açılan dosya içeriğinin gösterildiği ana ekran.....	9
Şekil 6. BİÇEB hesaplama yazılımı içerisindeki çeşitlilik menü seçenekleri	10
Şekil 7. Doğrudan tür zenginliği hesaplama menüsü	31
Şekil 8. Doğrudan tür zenginliği sonuç ekranı.....	32
Şekil 9. Margalef ve Menhinick hesaplama menüsü	33
Şekil 10. Margalef ve Menhinick çeşitlilik indisleri sonuç ekranı.....	33
Şekil 11. Chao1 hesaplama menüsü	34
Şekil 12. Chao1 çeşitlilik indisi sonuç ekranı.....	34
Şekil 13. Bağımlı seyreltme işlem menüsü	35
Şekil 14. Bağımlı seyreltme sonuç ekranı	36
Şekil 15. Bağımsız seyreltme işlem menüsü.....	37
Şekil 16. Bağımsız seyreltme sonuç ekranı	38
Şekil 17. Seyreltme eğrisi ve eğriye ait güven aralıkları	39
Şekil 18. Shannon-Wiener çeşitlilik hesaplama menüsü	40
Şekil 19. Shannon-Wiener çeşitlilik indisi sonuç ekranı	40
Şekil 20. Brillouin çeşitlilik hesaplama menüsü	41
Şekil 21. Brillouin çeşitlilik indisi sonuç ekranı	42
Şekil 22. Simpson çeşitlilik hesaplama menüsü.....	43
Şekil 23. Simpson çeşitlilik indisi sonuç ekranı	43
Şekil 24. McIntosh çeşitlilik hesaplama menüsü	44
Şekil 25. McIntosh çeşitlilik indisi sonuç ekranı.....	45
Şekil 26. Berger-Parker çeşitlilik hesaplama menüsü	46
Şekil 27. Berger-Parker çeşitlilik indisi sonuç ekranı	46
Şekil 28. Q İstatistiği hesaplama menüsü	47
Şekil 29. Q İstatistiği sonuç ekranı.....	48
Şekil 30. Log Serileri hesaplama menüsü.....	48
Şekil 31. Log Serileri sonuç ekranı	49
Şekil 32. Log Normal hesaplama menüsü	50
Şekil 33. Log Normal sonuç ekranı.....	50
Şekil 34. Jack Knifing hesaplama menüsü.....	51
Şekil 35. Jack-Knifing sonuç ekranı	52
Şekil 36. SHE analizi hesaplama menüsü	53

Şekil 37. SHE analizi sonuç ekranı	53
Şekil 38. SHE analiz grafiği	54
Şekil 39. Var-yok verileri ile iki toplum arasında beta çeşitliliği hesaplama menüsü	55
Şekil 40. Var-yok verileri ile iki toplum arasında beta çeşitliliği sonuç ekranı	56
Şekil 41. Var-yok verileri ile evrensel beta çeşitliliği hesaplama menüsü	57
Şekil 42. Var-yok verileri ile evrensel beta çeşitliliği sonuç ekranı	57
Şekil 43. Sayılabilen veriler ile iki toplum arasında beta çeşitliliği hesaplama menüsü	58
Şekil 44. Sayılabilen veriler ile iki toplum arasında beta çeşitliliği sonuç ekranı	59
Şekil 45. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği hesaplama menüsü	60
Şekil 46. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği sonuç ekranı	61
Şekil 47. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği hesabında türlerin ve örnek alanların toplam çeşitliliğe katkı oranları grafiği	62
Şekil 48. Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesaplama menüsü	63
Şekil 49. Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesabına ait sonuç ekranı	63
Şekil 50. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesaplama menüsü	64
Şekil 51. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesabına ait sonuç ekranı	65
Şekil 52. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası üssel değerler ifadesi ile hesaplama menüsü	66
Şekil 53. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası üssel değerler ifadesi ile hesabına ait sonuç ekranı	66
Şekil 54. BİÇEB yazılımı web uygulamasına ait karşılama ekranı	67
Şekil 55. BİÇEB yazılımı web uygulaması üzerinde veri görüntüsü	67
Şekil 56. BİÇEB yazılımı web uygulaması üzerinde örnek analiz sonuç görüntüsü	68

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Alfa (α) çeşitlilik hesaplamasına uygun örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi	26
Tablo 2. İki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek var-yok veri matrisi.....	27
Tablo 3. İki den fazla toplum arasındaki evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek var-yok veri matrisi.....	28
Tablo 4. İki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi	29
Tablo 5. İki den fazla toplum arasındaki evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi	30
Ek Tablo 1. Yardımcı kestirim fonksiyon (θ) değeri.....	74
Ek Tablo 2. z Tablosu.....	76
Ek Tablo 3. t Tablosu	77

1. GİRİŞ

Ekosistemlerin dinamikmi, sağlığı ve sũreklilięi açısından kilit rolde bulunan biyolojik çeşitlilik, toplum ekolojisi ve koruma biyolojisinin merkez konuları arasında yer almaktadır (Daily, 1997; Mace vd., 2012). Son yıllarda artan dũnya nũfusu ile birlikte doğal alanlarda ciddi tahribatlar meydana gelmiş, orman alanlarında ise daralmalar olmuştur (Kan vd., 2018). Ayrıca insanların çeşitli kimyasallara (dichloro-diphenyl-trichloro ethane-DDT, kloroflorokarbon-CFCs vb.) yœnelmesi, doğal alanlara devasa yapıları 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 kũresel œlekte biyolojik çeşitlilik azalmaya başlamış olup, bu durum œzellikle doğa bilimleri alanında çalışma yapan birçok araştırmacının konusu olmuştur. Zira bu konunun œnemi, œzellikle 1992 yılında Brezilya'nın Rio De Janerio kentinde dũzenlenen Birleşmiş Milletler evre ve Kalkınma Konferansı (Summit, 1992) sonrasında çok daha fazla anlaşılmaya başlanmıştır. Bu konferansta, dũnya genelinde giderek azalan biyolojik çeşitliliğin korunması, sũrdũrũlebilir kullanımın œnemi ve œzellikle genetik kaynaklardan sağlanan faydaların adil bir şekilde dağıtımı ve paylaşımını sağlamak amacıyla "Birleşmiş Milletler Biyolojik eşitlilik ereve Sœzleřmesi" imzalanmıştır. Tũrkiye bu sœzleřmeyi 1996 yılı Ağustos ayında imzaladıktan sonra aynı yılın Aralık ayı itibarı ile onaylama işlemlerini tamamlayıp resmen taraf olmuştur (Topçu, 2012). Bu sœzleřme ile Tũrkiye Cumhuriyeti biyolojik çeşitliliğin korunması ve biyolojik çeşitliliği oluşturan unsurlardan sũrdũrũlebilir kullanımın sağlanmasıya yœnelik hedefleri gerçekleştirmeyi taahhũt etmiştir.

Birleşmiş Milletler Biyolojik eşitlilik ereve Sœzleřmesi'nin imzalanmasını ardından, œncelikli olarak ũlke çapında bir durum tespitinin yapılması, biyoçeşitlilik konusundaki strateji ve œnceliklerin belirlenmesi gũndeme gelmiştir. Bu amaçla Tũrkiye Ulusal Biyoçeşitlilik Eylem Planları hazırlanarak sœzleřmenin uygulanması için gerekli olan ilk adım atılmıştır (evre Bakanlığı, 2001; evre ve Orman Bakanlığı, 2007). Sœz konusu eylem planları ile taraf olduğumuz sœzleřmenin ũlkemizde uygulanabilmesi için bir ereve belirleyerek biyoçeşitlilik konusunda hazırlanacak plan, program ve stratejilere veri temin edilmesinin yolu açılmıştır. Bu dœnemden itibaren ũlkemizde biyolojik çeşitlilik konusunda çalışma yapan ilgili kurum ve kuruluşlarca yoğun bir envanter çalışması yapılarak, elde edilen verilerin izlenmesi aşamasına kadar gelinmiştir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2011). Fakat genel olarak yapılan çalışmalarda ham veriler elde edilmiş olup, bunların işlenmesi gerektiği şeklinde bir durum ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda belirlenen yœntemler gereği, elde edilen verilerin çeşitli teknikler ve algoritmalar yardımı ile işlenmesi gerekmektedir. Diğer bir değişle, biyolojik çeşitlilik

ifadesinin sayısal hale dönüşmesi sağlanmalıdır. Böylece biyolojik çeşitliliğe yönelik araştırmalardan daha detaylı ve doğru bilgilere ulaşılması mümkün olacaktır.

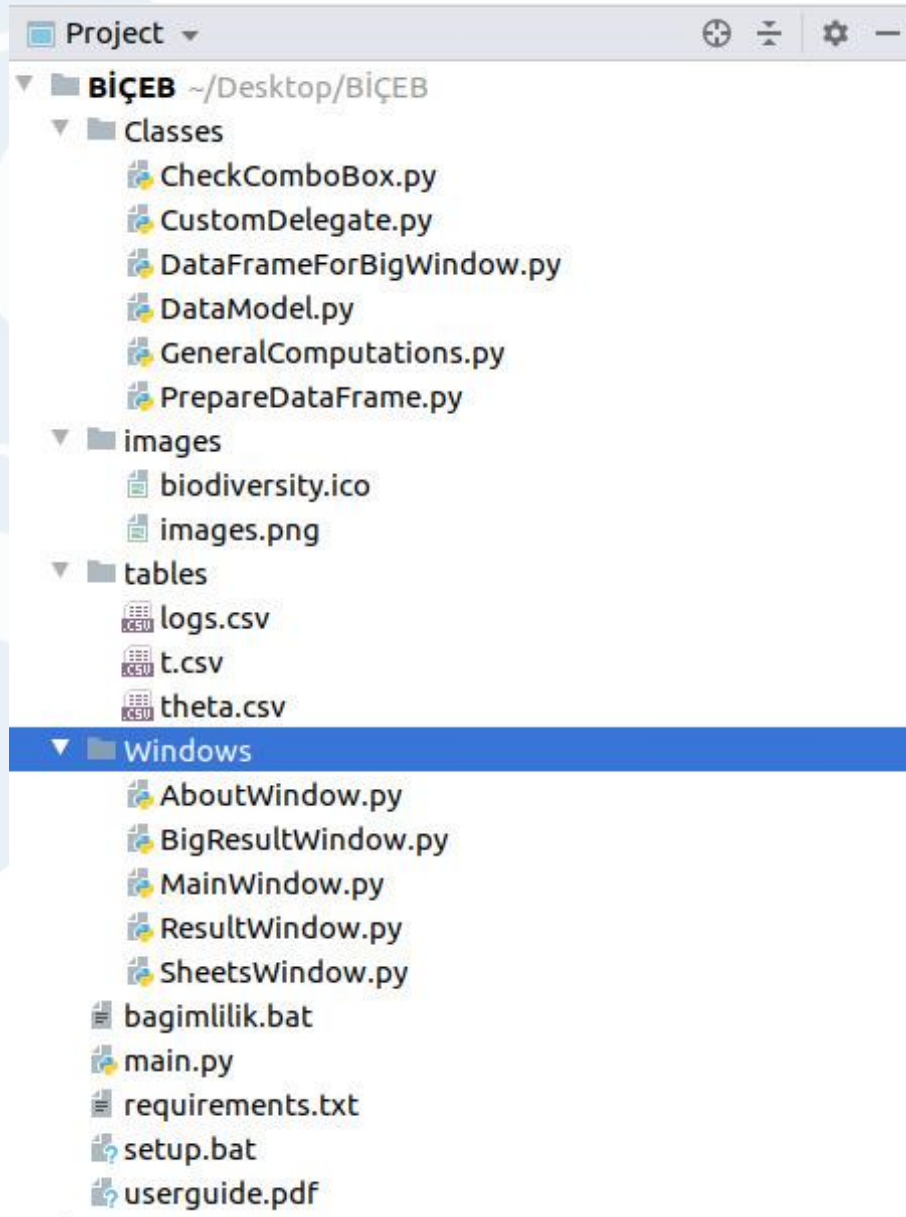
Biyolojik çeşitlilik hesaplamaları geniş bir konu olup, bu konuda günümüze kadar birçok algoritma geliştirilmiş veya önerilmiştir. Bu kadar hesaplama seçeneğinin olması, konu ile ilgilenen araştırmacıların kendi verileri için çeşitlilik hesabına yönelik çalışmalarında birçok seçeneğin doğması anlamına gelmektedir. Ne var ki biyolojik çeşitlilik konusunda çalışan araştırmacıların büyük kısmı bu alanda kullanılan indis ve algoritmaların birçoğunu bilmemektedir ve bu konudaki gelişmeleri ise takip edememektedir. Bu gayet doğaldır, çünkü doğa bilimleri alanında yapılan çalışmalarda vaktin büyük kısmı envanter, teşhis ve laboratuvar analizleri ile geçmektedir. Bu durum, araştırmacıların bu yöntemlere ulaşmasına ve kullanmasına engel değildir. Biyolojik çeşitlik hesaplamalarına yönelik yazılımlar bu sorunu büyük oranda ortadan kaldırmaktadır. Biyolojik çeşitlilik hesaplamalarına yönelik BIODIV, PAST, EstimateS, PAUP en fazla bilinen ve kullanılan yazılımlardır. Ancak bu yazılımların tamamı yurt dışında yapılmıştır. Ülkemizde bu konuya yönelik geliştirilmiş bir yazılıma literatürde rastlanmamıştır. Yurt dışında geliştirilen yazılımlarda ise veri hazırlığı ve işlenmesinde kullanılan yöntemler genel olarak kullanım kılavuzlarında açıklansa da, bu açıklamalar genel olarak kullanılan yöntemlere yönelik formüller ve literatürden ibarettir. Bu yazılımlara yönelik kullanım kılavuzu dosyalarında, yöntemlerin hangi amaçlarla ve hangi şartlarda kullanılacağına yönelik örnek veriler, yol gösterici işlemler ve ekolojik yorumlar yer almamaktadır. Diğer yandan bu yazılımları kullanacak araştırmacılar, yazılımlardan sorumlu kişilere kolay ulaşamamakta ve dolayısıyla yaşanabilecek olası sorunlar çözümsüz kalmaktadır. Yazılımlara ait menü ve açıklama kılavuzlarının İngilizce dilinde olması ise, yabancı dil bilmeyen veya İngilizce dışında farklı yabancı dil bilen araştırmacıların bu yazılımları anlamasını ve kullanmasını zorlaştırmaktadır.

Yukarıda verilen bilgilerin ışığı altında, Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (BİÇEB) hesaplama yazılımı ile, Türkiye’de biyolojik çeşitlilik konusunda çalışan araştırmacıların kendi ana dillerinde ve kendi bilimsel felsefelerine uygun olarak kolaylıkla erişebilecekleri, anlayabilecekleri ve çalışmalarında kullanabilecekleri bir yazılımın geliştirilmesi hedeflenmiştir. Böylece biyolojik çeşitlilik hesaplamaları ile ilgili karşılaşılabilecekleri sorunlara büyük oranda cevap bulabilecekleri bir ortamın oluşturulması amaçlanmaktadır. Özetle “Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı” isimli bu yazılım ile bir yandan ülkemizin dahil olduğu biyoçeşitlilik ile ilgili sözleşmelerin gereği olarak yapılan işlemlerde başarının artmasına katkı sağlanması, diğer yandan bu konu ile ilgili araştırma yapan kişilerin teşvik edilmesi amaçlanmıştır.

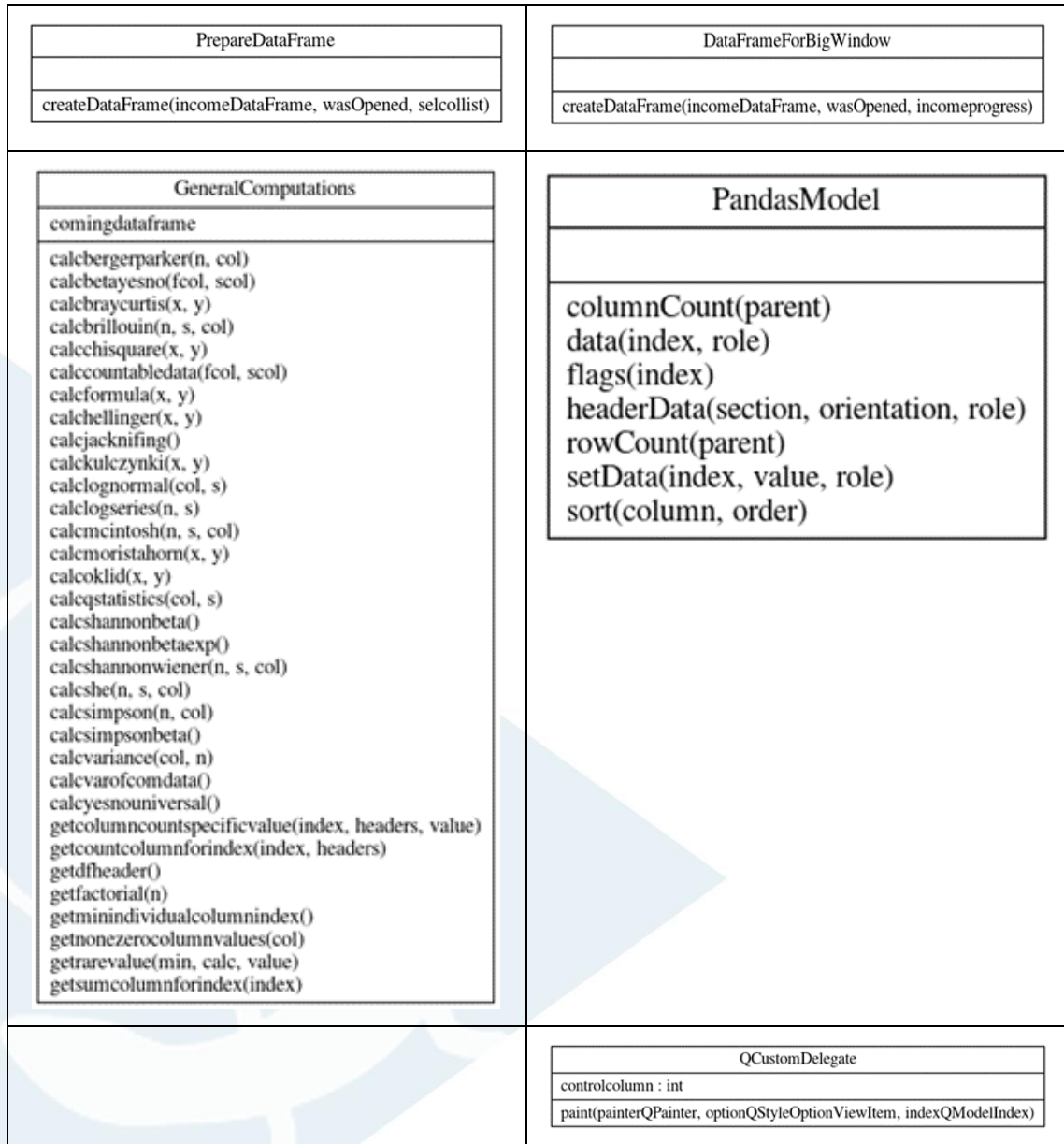
2. YAZILIM BİLGİSİ

Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı, Python programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Python programlama dili; açık kaynak olması, geniş kütüphane desteği ve geliştirilen uygulamanın platform bağımsız olarak çalışabilmesi nedeni ile seçilmiştir.

BİÇEB hesaplama yazılımı açık kaynak olarak dağıtılmakta olup, kullanıcıların kodlar üzerinde değişiklik yapmasına olanak sağlamaktadır. Yazılımın klasör yapısı ve her klasör içerisindeki dosyalar Şekil 1.'de, sınıflara ait diyagram ise Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. BİÇEB hesaplama yazılımı klasör yapısı



Şekil 2. BİÇEB hesaplama yazılımı sınıf diyagramı

Yazılım geliştirme sürecinde PyQt5, NumPy, Pandas, Matplotlib, XlsxWriter, SciPy, Xlrd ve Pillow kütüphaneleri kullanılmıştır. Kütüphanelerin isimleri yazılırken sitelerinde verilen yazım şekilleri dikkate alınmıştır.

2.1. PyQt5

Qt, masaüstü ve mobil sistemlerde uygulama geliştirmek için yüksek seviyeli API'ler uygulayan çapraz platform C kütüphanelerinden oluşan bir yapıya sahiptir. PyQt5 ise, Qt5'in Python programlama dilinde kullanılabilmesi için geliştirilmiş bir kütüphanedir (Python Bindings For The Qt Cross Platform Application Toolkit, 2020). Yazılım içerisinde PyQt5 arayüz geliştirmek amacı ile kullanılmıştır.

2.2. NumPy

NumPy, Python ile bilimsel hesaplamalar yapabilmek amacı ile kullanılan temel bir kütüphanedir. Bu kütüphane; güçlü bir N boyutlu dizi nesnesi, gelişmiş fonksiyonlar, C/C++ ve Fortran kodlarını entegre etmek için araçlar ile kullanışlı lineer cebir, fourier dönüşümü ve rastgele sayı fonksiyonlarını içermektedir (NumPy, 2020). Yazılım içerisinde özellikle veriler üzerinde yapılan matematiksel işlemlerin çoğunda NumPy kütüphanesine ait fonksiyonlardan faydalanılmıştır.

2.3. Pandas

Pandas, Python programlama dili için yüksek performanslı ve kullanımı kolay, veri yapıları ve veri analiz araçları sağlayan açık kaynak bir kütüphanedir (Python Data Analysis Library, 2020). Yazılım içerisinde, çeşitli dosya formatlarından verilerin okunması ve bu dosyalar üzerinde işlem yapılması sırasında Pandas kütüphanesinden faydalanılmıştır.

2.4. Matplotlib

Matplotlib, bir 2D Python grafik kütüphanesidir. Bu kütüphane yardımı ile; grafikler, histogramlar, güç spektrumları, çubuk grafikler, hata grafikleri, dağılım grafikleri vb. oluşturulabilmektedir (Matplotlib, 2020). Yazılım içerisinde, grafiklerin oluşturulmasında Matplotlib kütüphanesinden faydalanılmıştır.

2.5. XlsxWriter

XlsxWriter, MS Excel dokümanları üzerinde çalışmayı sağlayan bir Python kütüphanesidir. Ayrıca, Pandas kütüphanesi ile entegre çalışabilme ve büyük dosyalara yazmak için bellek optimizasyon moduna sahip olma gibi özelliklere sahiptir (XlsxWriter, 2020). BİÇEB hesaplama yazılımı çıktılarının MS Excel dosyaları biçiminde oluşturulma işlemleri XlsxWriter kütüphanesinden faydalanılarak gerçekleştirilmektedir.

2.6. SciPy

SciPy, sayısal entegrasyon, enterpolasyon, optimizasyon, doğrusal cebir ve istatistiksel işlemler için fonksiyonlar sağlayan bir kütüphanedir (SciPy, 2020). BİÇEB hesaplama yazılımında, istatistiksel hesaplamaların yapılması SciPy kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

2.7. Xlrd

BİÇEB hesaplama yazılımında kullanılan Pandas kütüphanesi yapısı gereği ilgili verileri okumak için bir başka kütüphaneye ihtiyaç duymaktadır. Xlrd, MS Excel dosyalarında yer alan verilerin okunması amacı ile tercih edilen kütüphanedir (Xlrd, 2020).

2.8. Pillow

Pillow, Python görüntü arşivleme ve toplu işleme işlemleri için kullanılan bir kütüphanedir (Pillow, 2020). Yazılım içerisindeki grafiklerin farklı formatlarda kaydedilebilmesi amacı ile kullanılmıştır.

3. KURULUM VE GEREKSİNİMLER

BİÇEB hesaplama yazılımına ait masaüstü uygulamasının kurulumu Windows, Linux ya da MacOS işletim sistemi olan bilgisayarlara <http://kantitatifekoloji.net/biceb/> çevrimiçi internet ağ adresinden elde edilebilecek dosyaların yardımı ile yapılabilmektedir. Belirtilen web adresi üzerinde yazılıma ait kullanım kılavuzu mevcut olup, bu kılavuz belirli zaman aralıklarında güncellenebilecektir. MS Windows işletim sistemi kurulu olan bilgisayarlarda kurulum aşağıdaki direktifler doğrultusunda gerçekleştirilmektedir:

1. <https://www.python.org/ftp/python/3.7.6/python-3.7.6-amd64.exe> adresinden Python kurulum dosyasını indirin ve bilgisayarınıza kurulumu gerçekleştirin.
2. BİÇEB klasörü içerisindeki `bagimlilik.bat` dosyası üzerinde çift tıklayarak programın çalışması için gerekli kütüphanelerin bilgisayarınıza kurulmasını sağlayın.
3. BİÇEB klasörü içerisindeki `main.pyw` dosyasına çift tıklayarak programı çalıştırın şeklinde olmaktadır.

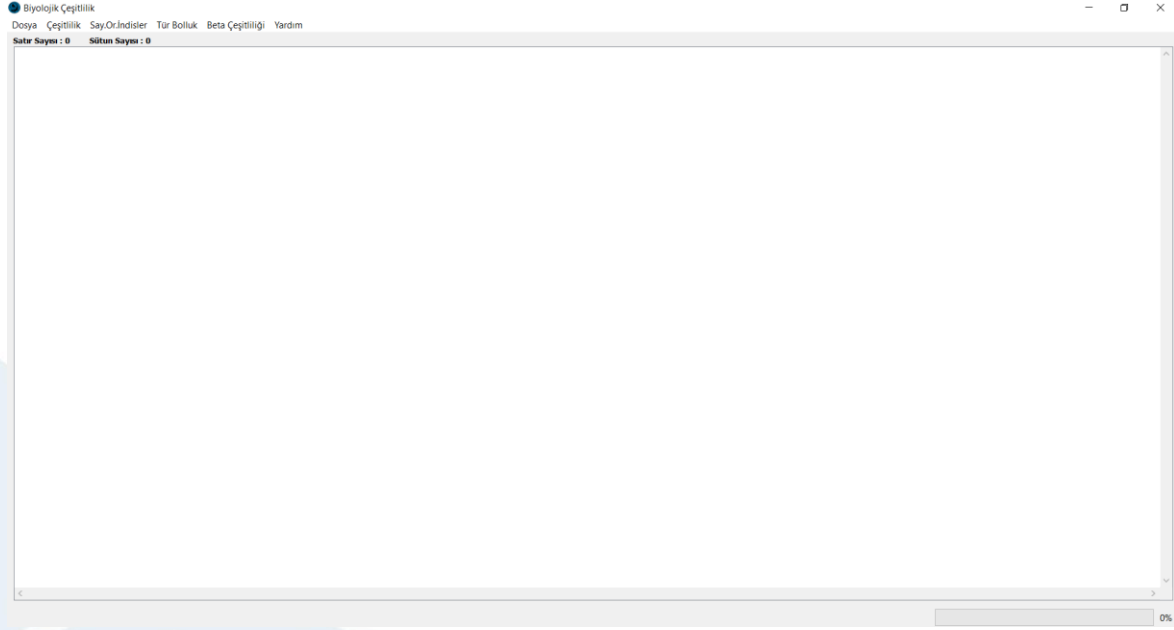
Linux işletim sistemi kurulu olan bilgisayarlar için kurulum ise aşağıdaki direktiflerin uygulanması gerekmektedir.

1. Terminal ekranını açın ve **`sudo apt install python3.7`** yazarak Python kurulumunu gerçekleştirin.
2. Terminal ekranını açın ve BİÇEB klasörüne geçin.
3. **`pip install -r requirements.txt`** yazarak programın çalışması için gerekli kütüphanelerin bilgisayarınıza kurulmasını sağlayın.
4. BİÇEB klasörü içerisinde **`python main.py`** yazarak programı çalıştırın.

MacOS işletim sistemi kurulu olan bilgisayarlar için ise:

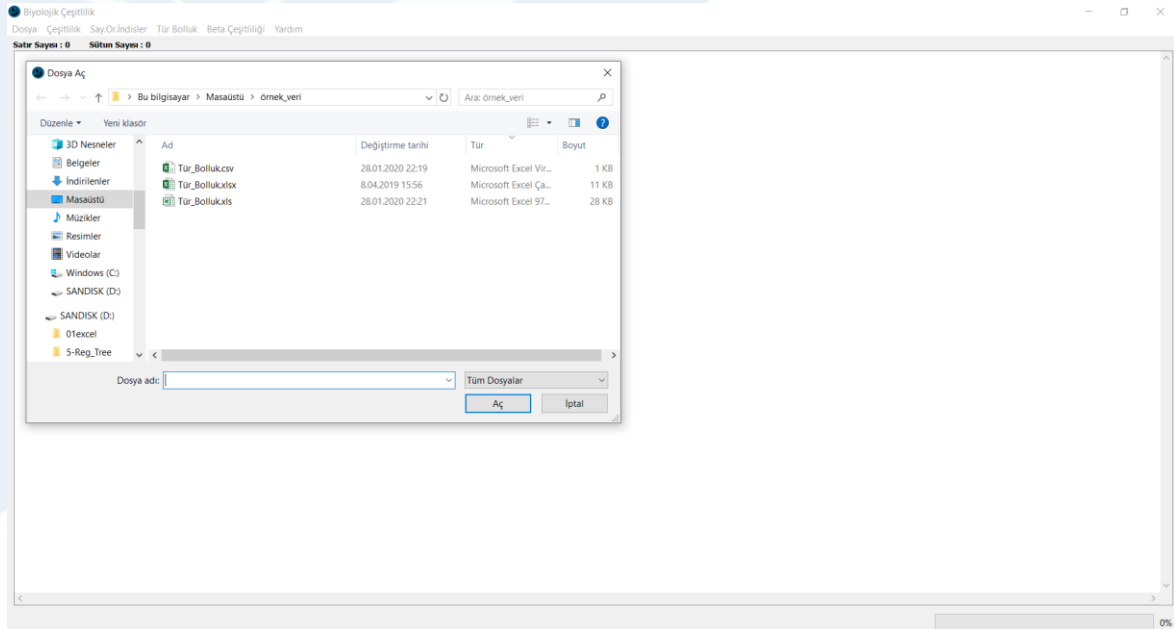
1. <https://www.python.org/ftp/python/3.7.6/python-3.7.6-macosx10.6.pkg> adresinden Python kurulum dosyasını indirin ve bilgisayarınıza kurulumu gerçekleştirin.
2. Terminal ekranını açın ve BİÇEB klasörüne geçin.
3. **`pip3.7 install -r requirements.txt`** yazarak programın çalışması için gerekli kütüphanelerin bilgisayarınıza kurulmasını sağlayın.
4. Yine BİÇEB klasörü içerisinde **`python3.7 main.py`** yazarak programı çalıştırın.

BİÇEB hesaplama yazılımı kurulum dosyasını bilgisayarınızın sabit diskine indirip herhangi bir yere kayıt edebilirsiniz. İndirme işleminin ardından BİÇEB hesaplama yazılımının .zip biçimindeki sıkıştırılmış dosyası, dosyayı kaydettiğiniz yerde gözükecektir. Bu dosyaya girerek programı başlattığınızda karşınıza çıkacak ilk açılış ekranı Şekil 3'teki gibi olacaktır.



Şekil 3. BİÇEB hesaplama yazılımı karşılama ekranı

Bu ekran yazılımın ana ekranı olup üzerinde sırasıyla 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 ana ekranda içerik kullanıcıya gösterilmektedir (Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4. Dosya Aç ekranı

Biyolojik Çeşitlilik
Dosya Çeşitlilik Sayı Oransılar Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 9

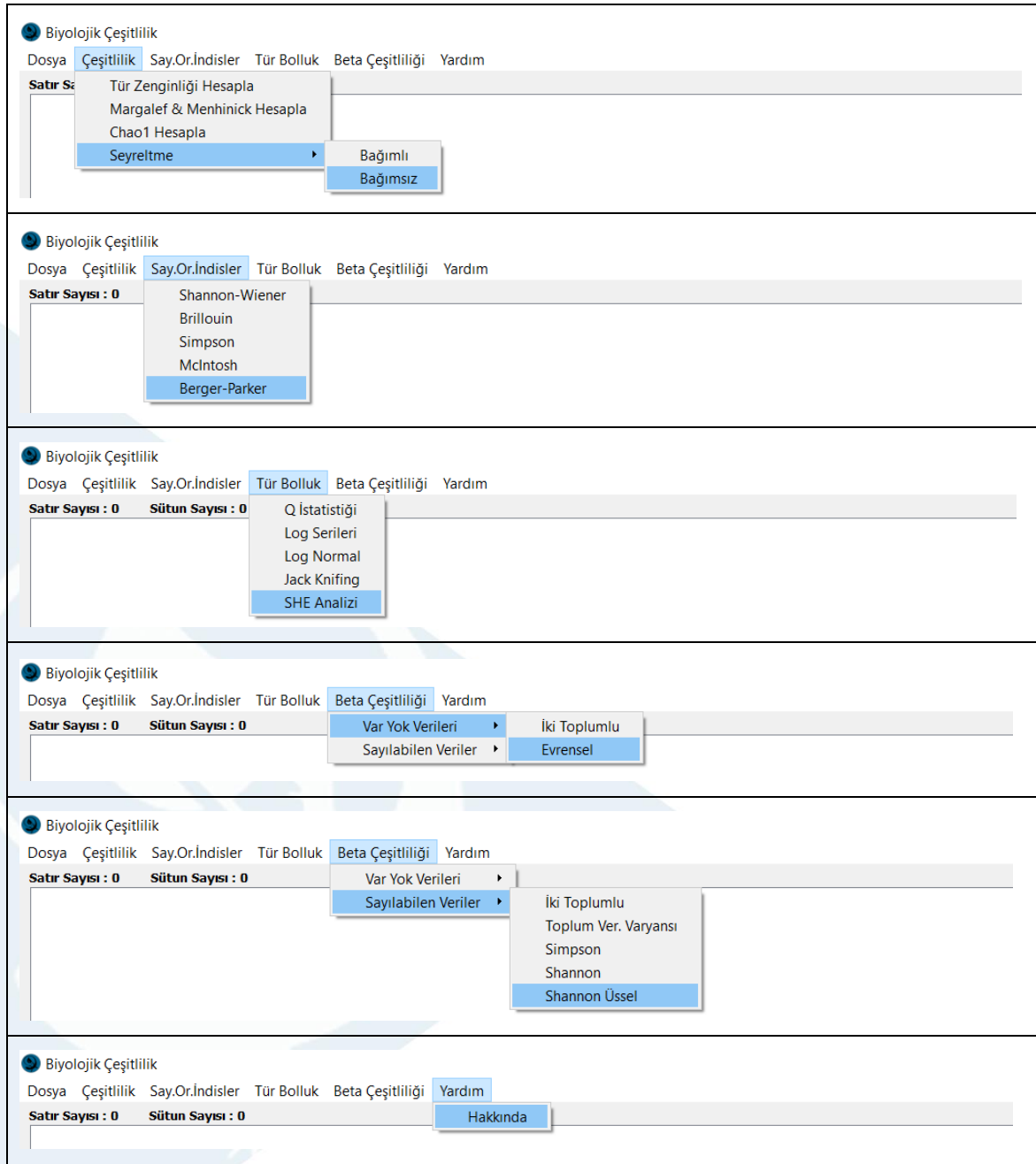
	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1	13	0	16	16	9	11	18	5
S2	0	5	14	0	3	8	0	0
S3	14	0	20	16	1	1	13	16
S4	0	0	7	1	12	0	14	11
S5	0	1	4	0	0	14	12	0
S6	4	0	13	5	4	11	8	15
S7	5	4	0	0	7	18	9	0
S8	20	0	14	17	4	18	18	20
S9	0	0	8	11	6	9	13	16
S10	18	8	14	21	0	17	8	10
S11	0	7	4	5	1	0	13	1
S12	12	4	0	14	14	20	5	15
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

0%

Şekil 5. Açılan dosya içeriğinin gösterildiği ana ekran

BİÇEB hesaplama yazılımı içerisinde ilgili dosya açıldıktan sonra ekranın sol üst kısmında Satır Sayısı ve Sütun Sayısı bölümleri yer almaktadır. Satır Sayısı bölümü veri dosyası içerisindeki türleri, Sütun Sayısı ise örnek alan veya örnek toplumlari ifade etmektedir. Ana ekrandaki Dosya sekmesi altında yer alan Kapat seçeneği kullanılarak yazılımdan çıkılmaktadır. Ana ekranda yer alan diğer sekmelere ait seçenekler Şekil 6'da görülmektedir.

Yazılımdaki tüm çeşitlilik menü seçenekleri ile işlem yapılmasının ardından sonuç ekranına ulaşmakta ve ilgili seçeneğe bağlı olarak sonuçların görünürlüğü sağlanmaktadır. Sonuç ekranında kullanıcıya Kopyala ve Excel'e aktar olmak üzere iki seçenek sunulmaktadır. Kopyala seçeneği ile o an ekranda görülen sonuçlar kullanılan işletim sisteminin geçici taşıma panosuna (clipboard) aktarılmakta, MS Excel çalışma kitabına aktar seçeneği ile ise yine o an ekranda görülen sonuçların bir Excel dosyasına kaydedilmesi sağlanmaktadır. Böylece eğer kullanıcı çok fazla sütun sayısına sahipse, bu durumda sonuçları MS Excel programına aktararak daha rahat inceleyebilmekte veya buradaki sayısal değerleri başka bir işleme aktarabilmektedir.



Şekil 6. BIÇEB hesaplama yazılımı içerisindeki çeşitlilik menü seçenekleri

4. YAZILIM İÇERİSİNDEKİ ÇEŞİTLİLİK İNDİSLERİ

Bu yazılım içerisinde geleneksel çeşitlilik indisleri kullanılmış olup, karakter tabanlı indislere yer verilmemiştir. Bu doğrultuda hazırlanan yazılım içerisinde, biyolojik çeşitlilik bileşenlerinin alfa (α), beta (β) ve gama (γ) düzeyinde hesaplamaları mümkün olabilmektedir.

4.1. Alfa (α) Çeşitlilik Hesaplamaları

Hazırlanan yazılım içerisinde alfa çeşitlilik indislerinden ilk olarak tür zenginlik ölçümlerine yönelik hesaplamaların yapılması mümkündür. Yazılım içerisinde tür zenginlik ölçümleri; doğrudan tür zenginliği hesabı, tür ve birey sayısına göre tür zenginlik hesaplamaları ve Chao1 indisine göre tür zenginlik hesaplaması şeklinde üç farklı aşamada gerçekleştirilebilmektedir. Bunlardan doğrudan tür zenginliği hesabında;

$$S = \sum_{i=1}^S S_i \quad (1)$$

formülü kullanılmıştır (Peet, 1974). Formül içerisinde S_i farklı türlerin sayısını ifade etmektedir.

Tür zenginlik ölçümüne yönelik olarak yazılım içerisinde kullanılan tür ve birey sayısına göre tür zenginlik hesaplamaları aşamasında ise Margalef (D_{MG}) (Clifford ve Stephenson, 1975) ve Menhinick (D_{MN}) (Whittaker, 1977) olmak üzere iki farklı indis ile hesaplamalar yapılabilmektedir. Bu iki indis sırasıyla;

$$D_{MG} = (S-1)/\ln N \quad (2)$$

$$D_{MN} = S/\sqrt{N} \quad (3)$$

formülleri ile hesaplanmakta olup, bu formüller içerisinde S toplam farklı tür sayısını, N ise toplam birey sayısını ifade etmektedir.

Yazılım içerisinde tür zenginlik ölçümleri için alternatif bir diğer hesap ise Chao1 indisi ile gerçekleştirilebilmektedir (Colwell ve Coddington, 1994). Chao1 indisi veri matrisi içerisinde tek bireyli ve iki bireyli türler üzerinden hesaplama yapmaktadır (Özkan, 2016). Chao1 indisinin hesabında;

$$\text{Chao1} = S + \frac{F_1(F_1-1)}{2(F_2+1)} \quad (4)$$

formülü kullanılmakta olup, S toplam farklı tür sayısını, F_1 tek bireyli tür sayısını, F_2 ise iki bireyli tür sayısını temsil etmektedir.

Diğer yandan alfa çeşitlilik hesaplamaları için kullanılan indislerden bazılarının örnek alan ölçeğindeki farklılığına duyarlı olduğu bilinmektedir (Özkan, 2016). Dolayısıyla örnek alan ölçülerinin eşit alınamadığı durumlarda hataya sebep vermemek için özellikle tür zenginliği hesaplama aşamasında seyreltme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Seyreltme işlemi bağımlı ve bağımsız olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilebilmektedir. Bunlardan bağımlı seyreltme işlemi, çalışma yapılan her bir örnek alandaki türlere ait toplam birey sayısı değerlerinin, en az birey sayısına sahip örnek alana göre standardize etme esasına dayanmaktadır (Özkan, 2016). BİÇEB yazılımı içerisinde her iki seyreltme işlemi de gerçekleştirilebilmekte olup, bunlardan bağımlı seyreltme işlemi için temelde;

$$E(S_i) = \left\{ 1 - \left[\binom{N-N_i}{n} / \binom{N}{n} \right] \right\} \quad (5)$$

formülü kullanılmakta olup (Sanders, 1968; Hurlbert, 1971), bu formülün tam açılımı;

$$E(S) = \sum S_i = \sum \left\{ 1 - \left[\left(\frac{(N-N_i)!}{n!(N-N_i-n)!} \right) / \left(\frac{N!}{n!(N-n)!} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

şeklindedir. Formülde;

n = en küçük örneklem boyutundaki (en düşük birey sayısına sahip örneklem) bireylerin toplam adeti, N = seyreltmeye konu olan örnek alandaki tüm türlere ait birey sayılarının toplamı, N_i = seyreltmeye konu olan örnek alanda seyretililecek olan türün birey sayısıdır. Sonuç olarak bu formül ile her bir örnek alana ait bağımlı seyreltme işlemi sonucunda tür zenginliği ($E(S)$) değerleri elde edilmektedir.

Sanders (1968) tarafından geliştirilen bir diğer algorithmada, örnek alanlara ait seyreltme işlemi en düşük birey sayısına sahip örneklemde bağımsız olarak, örnek alanların kendi içsel verilerine göre gerçekleştirilmektedir. Bağımsız seyreltme olarak nitelendirilen bu teknik, örnek alanlar içerisinde sıralı bir şekilde tür ve birey sayılarını artırma işlemine dayanmaktadır. Bağımsız seyreltmede işleminde;

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \left(\binom{N-m_i}{n} / \binom{N}{n} \right) \right] \quad (7)$$

formülü kullanılmakta olup (Sanders, 1968; Hurlbert, 1971), bu formülde görüleceği üzere bağımlı seyreltme işleminin formül içeriğinden farklı olarak " N_i " yerine " m_i " kullanılmıştır. Mevcut formül içerisinde N : örnek alandaki toplam birey sayısı, S : örnek alandaki toplam tür sayısı, m_i : örnek alan içerisinde işleme tabi olan türün (S_i) birey sayısı, n : örnek toplum içerisinde en düşük birey sayısından kademeli olarak artırılan değerleri tanımlamaktadır. Diğer yandan bağımsız seyreltme işlemi neticesinde örnek toplum içerisinde kestirilen tür sayısının genel olarak olduğundan daha fazla gösterilmesi şeklinde bir eğilimin olduğu ifade edilmiştir (Hurlbert, 1971; Fager, 1972; Simberloff, 1972). Dolayısıyla sonuçların

doğru yorumlaması açısından bağımsız seyreltme işlem süreci içerisinde birey sayısına göre tespit edilen tür sayısı değerlerine ait standart hata ($\sigma(S_n)$) değerlerinin de hesaplanması gerekmektedir (Özkan, 2016). Standart hata değerinin belirlenmesi için öncelikli olarak varyans hesabının yapılması gerekmekte olup, bunun için;

$$\sigma^2(S_n) = \binom{N}{n}^{-1} \left[\sum_{i=1}^s \binom{N-m_i}{n} \left\{ 1 - \frac{\binom{N-m_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right\} + 2 \sum_{\substack{j=2 \\ i < j}}^s \left\{ \binom{N-m_i-m_j}{n} - \frac{\binom{N-m_i}{n} \binom{N-m_j}{n}}{\binom{N}{n}} \right\} \right] \quad (8)$$

formülü kullanılmaktadır. Buradan elde edilen varyans değerleri üzerinden standart hata;

$$\sigma(S_n) = \sqrt{\sigma^2(S_n)} \quad (9)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. BİÇEB yazılımında belirtilen işlem süreci içerisinde varyans, standart hata ve bağımsız seyreltme işlemi sonucu elde edilen tür zenginliği ($E(S_n)$) değerleri hesaplanabilmekte olup, her bir örnek toplum için seyreltme eğrisi ve eğrinin güven aralığını gösteren grafik çıktıların oluşturulması mümkündür.

Alfa çeşitlilik indislerinin önemli bir bölümünü ise bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine göre işlem yapan indisler oluşturmaktadır. Bu kapsamda BİÇEB yazılımı içerisinde Shannon–Wiener indisi, Brillouin indisi, Simpson indisi, McIntosh indisi ve Berger-Parker indisi olmak üzere 5 farklı heterojenlik (mesafe ölçümü) esasına dayanan algoritma üzerinden çeşitlilik hesaplamaları yapılabilmektedir. Bunlardan Shannon-Wiener indisi (H') ile yapılan hesaplamalarda;

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (10)$$

formülü kullanılmaktadır (Shannon, 1948). Formül içerisinde yer alan p_i örnek toplum içerisindeki her bir türe ait bolluk verisinin oransal değerlerini ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile toplum içerisinde bir türe ait bolluk değerinin (n), toplam bolluk değerine (N) oranı p_i değerini vermektedir (Pielou, 1969).

Shannon-Wiener indisi ile yapılan çeşitlilik hesaplaması sonucunda örnek toplum içerisinde türler arası dengeli dağılım durumu olarak ifade edilen eşitlik (E) değerini belirlemek için ise;

$$E = H' / H_{\max} \quad (11)$$

formülü kullanılmaktadır (Pielou, 1966). Formülde yer alan $H_{\max} = \ln S$ olup, yapılan eşitlik (E) hesaplaması sonucunda 0-1 arasında değerler elde edilmektedir. Burada elde edilen değer, 1 olması toplum içerisinde türler arası dengeli dağılım anlamında tam eşitliği, 0 olması ise tam eşitsizliği ifade etmektedir.

Shannon-Wiener indisi (H') ile hesaplanan tür çeşitliliği sonucunda iki toplum arasındaki farkın önemi test edilmek istendiğinde t testi ideal bir yöntem olarak önerilmiştir (Hutcheson, 1970). t testi için;

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2)^{1/2}} \quad (12)$$

formülü kullanılmaktadır. Burada H'_1 ve H'_2 örnek toplumlara ait Shannon-Wiener çeşitlilik değerlerini ifade ederken $\text{Var}H'_1$ ve $\text{Var}H'_2$ toplumlara ait varyans değerleri olup;

$$\text{Var} H' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} + \frac{S - 1}{2N^2} \quad (13)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formül içerisinde S tür zenginliğini ifade etmektedir. Diğer yandan elde edilen t değerlerine göre ortaya çıkan farkın öneminin (* $p < 0,05$ veya ** $p < 0,01$) test edilme aşamasında ise serbestlik derecesi (sd) değerlerine ihtiyaç duyulmakta olup, BİÇEB yazılımı içerisinde bu değerler ise;

$$sd = \frac{(\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^2}{(\text{Var}H_1)^2/N_1 + (\text{Var}H_2)^2/N_2} \quad (14)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Formül içerisinde yer alan N_1 ve N_2 sırasıyla birinci ve ikinci topluma ait toplam bolluk değerlerini ya da toplam birey sayılarını ifade etmektedir.

Bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine göre işlem yapan bir diğer alfa çeşitlilik indisi olan Simpson indisi (λ) bir dominantlık indisi olup;

$$\lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (15)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Simpson, 1949). BİÇEB yazılımı içerisinde çeşitlilik hesaplamaları Simpson indisinin $1-\lambda$ formuna göre yapılmaktadır (Pielou, 1969). Formül içerisindeki p_i Shannon-Wiener indisinde olduğu gibi türlerin oransal değerlerini ifade etmektedir. Diğer yandan yazılım içerisinde bu alfa çeşitlilik hesabı için yine iki toplum arasındaki farkın önemini test etme aşamasında t testi uygulanmaktadır (Brower vd., 1998). t testi için;

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\text{Var}H'_1 - \text{Var}H'_2}} \quad (16)$$

formülü kullanılmaktadır. Burada H'_1 ve H'_2 örnek toplumlara ait Simpson çeşitlilik değerlerini ifade ederken $\text{Var}H'_1$ ve $\text{Var}H'_2$ toplumlara ait varyans değerleridir. Bu aşamada varyans değerleri hesaplanırken;

$$Var D = \frac{(4N(N-1)(N-2) \sum p_i^3) + (2N(N-1) \sum p_i^2) - (2N(N-1)(2N-3)(\sum p_i^2)^2)}{N^2 - (N-1)^2} \quad (17)$$

formülü kullanılmaktadır. Formülde N örnek toplumdaki toplam birey sayısını ifade etmektedir. Ayrıca elde edilen t değerlerine göre ortaya çıkan farkın öneminin (* $p < 0,05$ veya ** $p < 0,01$) yine test edilme aşamasında ise serbestlik derecesi (sd) değerlerine ihtiyaç duyulmakta olup, BİÇEB yazılımı içerisinde Simpson indisi için bu değerler;

$$sd = \frac{(\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2)^2}{\frac{(\text{Var}H'_1)^2}{N_1} + \frac{(\text{Var}H'_2)^2}{N_2}} \quad (18)$$

formülü kullanılmaktadır. Formül içerisinde yer alan N_1 ve N_2 sırasıyla birinci ve ikinci topluma ait toplam bolluk değerlerini ya da toplam birey sayılarını ifade etmektedir.

Genellikle geniş alanda ve çok sayıda örnek alanda kuş, böcek, kelebek gibi alan içerisinde gerçek değerlerin tam olarak belirlenmesi zor olan canlı gruplarında çalışma yapılması durumunda (Özkan, 2016), tercih edilen bir diğer alfa çeşitlilik hesabı ise Brillouin indisi ile yapılabilmektedir. Bu indisi için;

$$HB = \frac{\ln N! - \sum \ln n_i!}{N} \quad (19)$$

formülü kullanılmakta olup (Pielou, 1975), formülde yer alan N toplam birey sayısını, n_i ise her bir türün birey sayısını ifade etmektedir. Bu indise ait eşitlik (E) değeri ise;

$$E = \frac{HB}{HB_{\max}} \quad (20)$$

formülü ile hesaplanmakta olup, burada istenilen $HB_{\max}$ değeri ise;

$$HB_{\max} = \frac{1}{N} \ln \frac{N!}{\{[N/S]!\}^{s-r} \times \{([N/S]+1)!\}^r} \quad (21)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Huston, 1994). Formülde yer alan S tür zenginliği, $[N/S]$ örnek toplumdaki toplam birey sayısının (N) tür zenginliğine (S) oranından elde edilen sonucun tam sayı değerini, r ise $N-S/[N/S]$ işlemi sonucunda elde edilen değeri ifade etmektedir.

Bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine göre bir başka alfa çeşitlilik hesabı ise McIntosh indisi (D) ile yapılabilmektedir. Bu indisi;

$$D = \frac{N - U}{N - \sqrt{N}} \quad (22)$$

formülü ile hesaplanmakta olup, burada yer alan U değeri ise;

$$U = \sqrt{\sum n_i^2} \quad (23)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (McIntosh, 1967). Formüller içerisindeki n_i , ilgili türe ait bolluk veya birey sayısını ifade ederken, N ise toplam birey sayısını ifade etmektedir. Yine bu indis ile çeşitlilik hesabı yapılmış ise buradaki eşitlik (E) değeri;

$$E = \frac{N - U}{N - N/\sqrt{S}} \quad (24)$$

formülü kullanılarak hesaplanmakta olup, burada değerin yine 1 olması tam eşitliği yani toplum içerisindeki türlerin eşit birey adeti ile temsil edildiğini göstermektedir (Heip ve Engels, 1974).

BİÇEB yazılımı içerisinde türlere ait bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine göre alfa çeşitlilik hesaplaması ise Berger-Parker indisi (d) ile yapılabilmektedir (Berger ve Parker, 1970). Bu indise ait formül;

$$d = N_{\max}/N \quad (25)$$

şeklinde olup, dominantlık indisi olan bu indisin çeşitlilik ifadesi $1/d$ şeklindedir. Formül içerisinde yer alan $N_{\max}$ örnek toplum içinde yer alan türlerden en yüksek bolluk değerini, N ise toplam bolluk değerini ifade etmektedir.

Geleneksel alfa çeşitlilik hesaplamalarının önemli bir basamağını ise tür bolluk modellemeleri oluşturmaktadır. Bunlardan birincisi olan Q istatistiği hesabı için öncelikli olarak tür sayıları, eklemeli tür sayıları ve türlere ait birey veya bolluk değerlerini içeren bir tablo oluşturulur (Özkan, 2016). Bu tablonun ilk sütununda türlerin bolluk veya birey adetlerine göre en düşükten, en yüksek değere doğru sıralı bir veri girişi mevcuttur. Tablonun ikinci sütununda eşit birey sayısı veya bolluk değerine sahip olan tür adetleri bulunur. Tablonun üçüncü sütununda ise eklemeli tür sayıları mevcuttur. Oluşturulan bu standart tablo kullanılarak örnek toplumlardaki toplam tür adetleri dörde bölünüp ($S/4$) ilk çeyrek tür sayısı ($R1$) ve $R2=R1 \times 3$ eşitliği kullanılarak son çeyrek tür sayısı ($R2$) değerleri belirlenir. Bu işlemin ardından eklemeli tür sayısı sütununda $R1$ değerine eşit veya ondan fazla olan fakat ona en yakın değerin olduğu yerde $R1$ sınırı ve yine aynı sütun üzerinde $R2$ değerine eşit veya $R2$ değerinden yüksek fakat ona en yakın yerden ise $R2$ sınırı belirlenir (Özkan, 2016). Bu ön işlemlerin ardından Q istatistiği;

$$Q = \frac{\frac{1}{2}n_{R1} + \sum n_r + \frac{1}{2}n_{R2}}{\ln(R2/R1)} \quad (26)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Kempton ve Taylor, 1978). Formül içerisindeki n_r ilk çeyrek ($R1$) ve son çeyrek ($R2$) arasında kalan toplam tür sayısını, n_{R1} alt çeyrek sınırında kalan tür sayısını, n_{R2} üst çeyrek sınırında kalan tür sayısını, $R1$ alt çeyrek sınırındaki türlerin

toplam birey veya bolluk değerini, $R2$ üst çeyrek sınırındaki türlerin toplam birey veya bolluk değerini ifade etmektedir. Bu işlem esnasında türlere ait birey sayılarının aynı yada birbirlerine çok yakın olması durumunda, üst çeyrek değeri ($R2$), alt çeyrek ($R1$) ile aynı değere tekabül edecektir. Bu durumda yukarıdaki formül işleme alındığında sonuç ekranında Q istatistiği sonucu “-” olarak gözükcektir.

Alfa çeşitliliği hesaplarında kullanıma uygun bir dağılım modeli olan Log serileri hesabında;

$$\alpha = \frac{N(1 - x)}{x} \quad (27)$$

formülü kullanılmaktadır (Taylor vd., 1976). Formülde N toplam birey sayısını ifade etmekten, x değişkeni için;

$$S/N = [(1 - x)/x] [-\ln(1 - x)] \quad (28)$$

formülünden yararlanılmaktadır (Magurran, 1988). Bu formül içerisinde S toplam tür sayısı ve N toplam birey sayısı olmak üzere, S/N orantısı sonucu oluşan değer elde edilinceye kadar x için değer atama işlemi gerçekleştirilmektedir. Burada bilinmesi gereken önemli bir detay, x değeri her zaman $>0,9$ ve <1 olmalıdır. Eğer N/S oranı >20 olursa, $x > 0,99$ olmaktadır (Poole, 1974; Özkan, 2016). Belirtilen formül esasına bağlı kalarak BİÇEB yazılımı içerisinde x ve α değerleri için sonuçlar elde edilmektedir.

Alfa çeşitlilik hesapları için bir diğer tür bolluk modeli ise Log normal'dir (Pielou, 1975). Log normal hesabı için işlem süreci ilk olarak;

$$x_i = \log_{10} n_i \quad (29)$$

formülü ile başlar ve burada n_i bir türün bolluk değeri, x_i ise o türe ait logaritma hesabıdır. İşlem sürecinin ikinci aşamasında ise sırasıyla;

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{S} \quad (30)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{S - 1} \quad (31)$$

formülleri kullanılarak, toplam logaritma değerlerinin ortalaması ve varyans hesabı yapılmaktadır. Formüllerde $\bar{x}$, türlerin logaritma değerlerinin ortalamasını, S toplam tür adetini, σ^2 ise örnek topluma ait varyans değerini ifade etmektedir. İşlem sürecinin bir sonraki safhasında ise;

$$V = \frac{\sigma^2}{(\bar{x} - x_0)^2} \quad (32)$$

formülü ile gama (γ) değeri elde edilmektedir. Formül içerisinde x_0 en üst eşik değeri olarak 0,5 rakamının logaritma değeri olup, $x_0 = -0,30103$ her zaman sabit bir değere tekabül etmektedir. Daha sonra buradan elde edilen gama değeri (γ) Ek tablo 1 üzerinden yardımcı kestirim fonksiyon değerine (θ) dönüştürülür. Elde edilen θ değeri kullanılarak sırasıyla aşağıdaki formüller ile;

$$\mu_x = \bar{x} - \theta(\bar{x} - x_0) \quad (33)$$

$$V_x = \sigma^2 + \theta(\bar{x} - x_0)^2 \quad (34)$$

ortalamanın kestirim değeri (μ_x) ve varyans kestirim değeri (V_x) elde edilir. Bu işlem sürecinin başında eğer $\gamma < 0,05$ olursa Ek tablo 1 üzerinden elde edilen kestirim fonksiyon değeri (θ) "0" olarak alınmalıdır.

İşlem sürecinin bir sonraki aşamasında elde edilen bu yeni değerler kullanılarak;

$$z_0 = (x_0 - \mu_x) / \sqrt{V_x} \quad (35)$$

formülü ile standartlaştırılmış normal rastlantı değişkeni (z_0) elde edilir. Buradaki z_0 değeri kullanılarak Ek tablo 2'de yer alan z tablosuna göre normal eğrinin altında kalan alan üzerinden p_0 değeri elde edilir. Buradaki p_0 değeri;

$$S^* = S / (1 - p_0) \quad (36)$$

formülü kullanılarak, toplumdaki türlerin toplam miktarı (S^*) elde edilir. İşlem sürecinin son aşamasında ise;

$$\lambda = \frac{S^*}{\sqrt{V_x}} \quad (37)$$

eşitliği kullanılarak log normal çeşitliliği (λ) belirlenmiş olur.

Özellikle bir yöre, bölge veya bir göl ekosistemi gibi bir ortamda çalışma yapılan çok sayıda örnek alandan hesaplama yapılarak tek bir alfa çeşitlilik değeri elde edilmek istendiğinde, kullanılan bir diğer önemli yöntem ise Jack-knifing çeşitlilik indisidir (Zahl, 1977; Adams ve McCune, 1979; Heltshe ve Bits, 1979). Bu yöntemde ilk olarak örnek topluma ait veri seti içerisinde yer alan her bir türün bolluk değerleri veya birey sayısı toplanarak;

$$D = \sum \frac{(n_i(n_i - 1))}{(N(N - 1))} \quad (38)$$

formülü ile Simpson D indis değerlerine ulaşılır. Formülde n_i = bir türün tüm örnek alanlardaki bolluk değerinin toplamı, N = örnek alanlardaki tüm türlerin bolluk değeri

toplamıdır. Burada bilinmesi gereken önemli bir detay ise D değerinin $1/D$ formu şeklinde kullanılıyor olmasıdır ki, bu değer $1/D_{(St)}$ olarak isimlendirilir.

İşlem sürecinin bir sonraki aşaması veri seti içerisinde örnek alanlardan birisi çıkartılıp, diğer örnek alanlarla aynı işlemin tekrarlanmasıdır. Buradan elde edilen Simpson D değerleri yine $1/D$ değerlerine dönüştürülerek Jack-knifing kestirim değerlerine ulaşılır. Bu işlem sırasıyla her bir örnek alan çıkarılarak tüm örnek alanlar için Jack-knifing kestirim değerlerinin türetilme sürecine kadar devam eder ve buradan elde edilen değerlerin her birisi $1/D_{(St-1)}$ olarak isimlendirilir;

$$\Phi = n \times 1/D_{(St)} - [(n - 1) \times 1/D_{(St-1)}] \quad (39)$$

formülü ile işleme alınır. Böylece her bir örnek alan için sahte değerler (Φ) elde edilmiş olur. Daha sonra bu değerlerin ortalaması ($\bar{\Phi}$) alınıp sırasıyla;

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Phi_i - \bar{\Phi})^2 \quad (40)$$

formülü ile varyans (σ^2), varyansın karekökü ($\sigma = \sqrt{\sigma^2}$) alınarak standart sapma (σ) ve;

$$\alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (41)$$

formülü ile standart hata (α) değerlerine ulaşılır. Formüller içerisinde yer alan n toplam örnek alan sayısını ifade etmektedir. Tüm bu işlem süreci sonunda BİÇEB yazılımı içerisinde elde edilen sahte değerlerin ortalaması ($\bar{\Phi}$) en iyi kestirim olup Jack-knifing çeşitlilik değerine denk gelirken, diğer analiz çıktıları olan varyans, standart sapma ve standart hata değerleri ise $\bar{\Phi}$ değerinin güvenilirliğini ifade etmektedir (Özkan, 2016).

Geleneksel alfa çeşitlilik indislerinin hesabında kullanılan bir diğer yöntem SHE analizidir. SHE analizi asıl olarak tür zenginliği (S), Shannon-Wiener tür çeşitlilik indeksi (H) ve eşitlik-dengelik (E) sonuçlarının aynı anda sunulduğu bir tekniktir. BİÇEB'te bu analizin uygulanması sonucunda H , E , $\ln(E)$ ve $\ln(E)/\ln(S)$ 'e ait değerler ve bu değerlerin grafiksel dökümü elde edilmektedir. Burada H : Shannon-Wiener indeksini, E : Buzal ve Gibson'un eşitliğini ve S : tür zenginliğini ifade etmekte (Zamfirescu ve Zamfirescu, 2003) olup sırasıyla;

$$S = \sum_i^S S_i \quad (42)$$

$$p_i = x_i / \sum_i^S x_i \quad (43)$$

$$H = - \sum p_i \ln p_i \quad (44)$$

$$E=e^H/S \quad (45)$$

formülleri kullanılmaktadır. Formüllerde S_i ilgili örnek alan içerisindeki farklı türleri, p_i her bir türün bolluk değerinin (x_i), örnek alandaki türlerin toplam bolluk değerine (N) oranını, e ise doğal logaritmanın tabanı olan 2,71828182845904 değerini ifade etmektedir.

4.2. Beta (β) ve Gama (γ) Çeşitlilik Hesaplamaları

En az iki toplumun birbirine benzerliği dışında kalan fark beta çeşitliliği olarak ifade edilmiştir (Özkan, 2016). Bu aşamada bilinmesi gereken önemli konu iki toplum arası farkınsallık için benzemezlik terimi kullanılırken, beta çeşitliliği hem iki, hem de ikiden fazla toplum arasındaki farkınsallığı ifade etmektedir (Özkan, 2016). Beta çeşitliliğinin hesabında kullanılmakta olan çok sayıda indis mevcut olmakla birlikte, BİÇEB yazılımı içerisinde yer alan geleneksel beta çeşitlilik hesaplamaları, var-yok verilerine göre hesaplama yapan indisler ve sayılabilen verilere göre hesaplama yapan indisler olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Ayrıca yazılım içerisinde her iki formattaki veri tipi için iki toplum ve ikiden fazla toplum arasındaki beta çeşitlilik hesaplarının gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır.

Yazılım içerisinde var-yok verilerine göre iki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesabı aşamasında kullanımı uygun olan 17 farklı indisten elde edilen sonuçlar verilmektedir. Kullanılan indislerin formülleri (Özkan, 2016; Koleff vd. (2003) sırasıyla;

$$\beta_{sor} = 1 - \frac{2a}{2a+b+c} \quad (\text{Dice, 1945; Sørensen, 1948; Whittaker, 1975; Magurran, 1988; Southwood ve Henderson, 2000}) \quad (46)$$

$$\beta_w = \frac{a+b+c}{(2a+b+c)/2} \quad (\text{Whittaker, 1960; Magurran, 1988; Southwood ve Henderson, 2000}) \quad (47)$$

$$\beta_{-1} = \frac{a+b+c}{(2a+b+c)/2} - 1 \quad (\text{Harrison vd., 1992}) \quad (48)$$

$$\beta_c = \frac{b+c}{2} \quad (\text{Cody, 1975}) \quad (49)$$

$$\beta_r = \frac{(a+b+c)^2}{(a+b+c)^2 - 2bc} \quad (\text{Routledge, 1977; Magurran, 1988; Southwood ve Henderson, 2000}) \quad (50)$$

$$\beta_l = \log(2a+b+c) - \left(\frac{1}{2a+b+c} 2a \log 2 \right) - \left(\frac{1}{2a+b+c} ((a+b) \log(a+b) + (a+c) \log(a+c)) \right) \quad (51)$$

(Routledge, 1977; Wilson ve Shmida, 1984)

$$\beta_e = \exp(\beta_j) - 1 \text{ (Routledge, 1977)} \quad (52)$$

$$\beta_{me} = \frac{b+c}{2a+b+c} \text{ (Mourelle ve Ezcurra, 1997)} \quad (53)$$

$$\beta_j = 1 - \frac{a}{a+b+c} \text{ (Jaccard, 1912; Magurran, 1988; Southwood ve Henderson, 2000)} \quad (54)$$

$$\beta_m = (2a+b+c) \left(1 - \frac{a}{a+b+c}\right) \text{ (Magurran, 1988)} \quad (55)$$

$$\beta_{-2} = \frac{\min(b,c)}{\max(b,c)+a} \text{ (Harrison vd.,1992)} \quad (56)$$

$$\beta_{co} = 1 - \frac{a(2a+b+c)}{2(a+b)(a+c)} \text{ (Cody, 1993)} \quad (57)$$

$$\beta_{cc} = \frac{b+c}{a+b+c} \text{ (Colwell ve Coddington, 1994; Pielou, 1984)} \quad (58)$$

$$\beta_{-3} = \frac{\min(b,c)}{a+b+c} \text{ (Williams, 1996)} \quad (59)$$

$$\beta_* = \frac{bc+1}{((a+b+c)^2 - (a+b+c))/2} \text{ (Williams, 1996; Williams vd., 1999)} \quad (60)$$

$$\beta_{sim} = \frac{\min(b,c)}{\min(b,c)+a} \text{ (Lennon vd., 2001; Simpson, 1943)} \quad (61)$$

$$\beta_z = 1 - \left[\log \left(\frac{2a+b+c}{a+b+c} \right) / \log 2 \right] \text{ (Lennon vd.,2001; Harte ve Kinzig, 1997)} \quad (62)$$

şeklindedir. Formüllerde görülen a : her iki örnek alanda bulunan ortak türlerin sayısı, toplumlar A ve B olarak isimlendirildiğinde, b : B toplumunda olmayan fakat A toplumunda bulunan türlerin sayısı ve c : A toplumunda olmayan fakat B toplumunda bulunan türlerin sayısıdır.

Var-yok verileri haricinde sayılabilen veriler söz konusu olduğunda, iki toplum arasındaki benzemezlilik hesabında kullanılan çok sayıda indis bulunmaktadır. BİÇEB yazılımı içerisinde bu kapsamda en fazla kullanılan 6 farklı indis ile beta çeşitliliğinin hesaplanması mümkündür (Özkan, 2016). Bu indislere ait formüller sırasıyla;

$$\text{Bray-Curtis} \quad D = 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^S (a_i + b_i)} \quad (63)$$

$$\text{Kulczynski} \quad D = 1 - \frac{1}{2} \left[\frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^S a_i} + \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^S b_i} \right] \quad (64)$$

$$\text{Öklit mesafesi} \quad D = \sqrt{\sum_{i=1}^S (a_i - b_i)^2} \quad (65)$$

$$\text{Khi kare} \quad D = \sqrt{\sum_{i=1}^S \frac{(a_i + b_i)}{(a_i + b_i)} \left(\frac{a_i}{a_+} - \frac{b_i}{b_+} \right)^2} \quad (66)$$

$$\text{Hellinger} \quad D = \sqrt{\sum_{i=1}^S \left(\sqrt{\frac{a_i}{a_+}} - \sqrt{\frac{b_i}{b_+}} \right)^2} \quad (67)$$

$$\text{Morista-Horn} \quad D = 1 - \frac{2 \sum (a_i \times b_i)}{(da + db) \times aN \times bN} \quad (68)$$

şeklinde olup, formüllerde yer alan a_i ve b_i sırasıyla A ve B toplumlarındaki i . türün sayısal değerlerini ifade etmektedir. Khi kare ve Hellinger formüllerinde bulunan $a_+ = \sum_{i=1}^S a_i$ ve $b_+ = \sum_{i=1}^S b_i$ olup, S tür sayısını ifade etmektedir. Morista Horn eşitliğinde $da = \frac{\sum a_i^2}{aN^2}$ ve $db = \frac{\sum b_i^2}{bN^2}$ olup, $aN = A$ toplumundaki birey sayılarının toplamı, $bN = B$ toplumundaki birey sayılarının toplamı, $a_i = A$ toplumunda i . türün birey sayısı, $b_i = B$ toplumunda i . türün birey sayısını ifade etmektedir (Özkan, 2016).

Bir veri setindeki ikiden fazla toplum için tek bir beta çeşitlilik değeri elde edilmesi istenildiğinde evrensel beta çeşitliliği ile hesaplama yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda BİÇEB yazılımı içerisinde var-yok verileri ile evrensel beta çeşitliliğinin hesaplanmasını sağlayan 6 farklı indis bulunmaktadır. Bu indislerin formülleri sırasıyla;

$$\beta_w = \frac{\gamma}{\alpha} - 1 \quad (69)$$

Whittaker (1960) tarafından önerilen beta çeşitlilik formülü olup, burada γ , üst toplumun gama çeşitliliğini, α ise üst toplumu oluşturan alt toplumların alfa çeşitlilik ortalamasını ifade etmektedir.

$$\beta_c = \frac{[g(H) + l(H)]}{2} \quad (70)$$

Cody (1975) tarafından önerilen formül olup, β_c beta çeşitliliğini, $g(H)$ bir üst toplum örneklenmesinde hat (transekt) boyunca ara yoklamalarla alt toplumlara ait veri elde edilirken hattın başından sonuna kadar (H) kazanılan tür sayısını ve $l(H)$ ise hat boyunca (H) kaybedilen tür sayısını ifade etmektedir.

$$\beta_R = \frac{\gamma^2}{(2r + \gamma)} - 1 \quad (71)$$

Routledge (1977) tarafından önerilen formül olup, formülde r üst üste denk gelen tür çiftlerinin sayısını, γ üst toplumun gama çeşitliliğini ifade etmektedir. Ayrıca yine var-yok verileri ile beta çeşitliliği hesabı için kullanılan bir diğer formül;

$$\beta_T = \ln(T) - \left[\left(\frac{1}{T} \right) \sum_i e_i \ln(e_i) \right] - \left[\left(\frac{1}{T} \right) \sum_j \alpha_j \ln(\alpha_j) \right] \quad (72)$$

olup, bu formül ile bağlantılı olan β_E ise aşağıda verilen eşitlikle (Routledge, 1977) belirlenmektedir.

$$\beta_E = \exp(\beta_T) - 1 \quad (73)$$

Wilson ve Shmida (1984) tarafından önerilen hesaplama ise β_T ile ifade edilmektedir.

$$\beta_T = \frac{[g(H) + I(H)]}{2\bar{\alpha}} \quad (74)$$

β_T formülünde $T = \sum_i e_i = \sum_j \alpha_j$ olup, e_i tür i 'nin bulunduğu alt toplum sayısını, α_j alt toplum j 'nin tür zenginliğini yada alfa çeşitliliğini ifade etmektedir. β_T eşitliğindeki $\bar{\alpha}$ sembolü alt toplumların tür zenginlik değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir (Özkan, 2016).

İkiden fazla toplum için bir evrensel beta çeşitliliği hesaplanması istenildiğinde de kullanılabilecek farklı yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan biri BİÇEB yazılımı içerisinde bulunan toplum verilerinin varyansı olarak beta çeşitliliğinin hesabıdır (Legendre ve Cáceres, 2013). Bu yöntem ile herhangi bir toplumdan evrensel beta değeri ($\beta_{toplamlam}$) elde edilmek istendiğinde, öncelikle Chord veya Hellinger dönüştürme formüllerinden birisi kullanılarak veri dönüşüm işlemi yapılması gerekmektedir (Özkan, 2016). Bu formüller;

$$y'_{ij} = y_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^p y_{ij}^2} \quad (\text{Chord dönüştürme}) \quad (75)$$

$$y'_{ij} = \sqrt{y_{ij} / \sum_{j=1}^p y_{ij}} \quad (\text{Hellinger dönüştürme}) \quad (76)$$

şeklinde olup, burada y'_{ij} dönüştürülmüş değerleri, y_{ij} orijinal değerleri ifade etmektedir. Bu aşamada orijinal matris $Y_{n \times p}$ şeklinde, Chord veya Hellinger dönüştürme işlemi sonucunda elde edilen matris ise $Y_{d.n \times p}$ şeklinde isimlendirilmektedir. Sürecin bir sonraki aşamasında ise $Y_{d.n \times p}$ matrisinin sütun ortalamalarından kare farklarını içeren yeni bir matris daha elde edilmekte olup, bu matris ise $S_{n \times p}$ olarak isimlendirilmektedir. Bu sürecin sonunda elde edilen $S_{n \times p}$ matrisinin hücrelerinde bulunan değerler (S_{ij}) toplanarak;

$$SS_{toplamlam} = SS(Y) = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad (77)$$

formülü ile toplam dağılıma ($SS_{toplamlam}$) değeri elde edilmektedir. İşlem sürecinin son aşamasında ise;

$$\beta_{toplamlam} = SS_{toplamlam} / (n-1) \quad (78)$$

formülünde görüleceği üzere, toplam dağılıma (SS_{toplam}) değeri, serbestlik derecelerine $(n-1)$ bölünerek toplam beta çeşitliliği (β_{toplam}) değerlerine ulaşılmaktadır. Formül içerisindeki n veri matrisinde bulunan örnek alan sayısını ifade etmektedir. Sonuç olarak bu işlemlerin neticesinde BİÇEB yazılımı içerisinde SS_{toplam} ve β_{toplam} değerleri ile türlerin ve örnek alanların toplam beta çeşitliliğine olan katkı oranlarına ilişkin grafikler elde edilmektedir.

Sayılabilen veriler ile evrensel beta çeşitliliğinin hesabında kullanılan bir diğer önemli teknik ise Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesaplanmasıdır. Bu aşamadaki Simpson indisinin hesabında;

$$D_T = D_{ara} + \bar{D}_{iç} \quad (79)$$

ana formülü kullanılmaktadır. Formülde D_T üst toplumun toplam tür çeşitliliğini yani gama çeşitliliğini, $\bar{D}_{iç}$ alt toplumlara ait alfa çeşitlilik değerlerinin ortalamasını, D_{ara} ise beta çeşitliliğini ifade etmektedir. Bunlardan alt toplumların alfa çeşitlilik ortalaması;

$$\bar{D}_{iç} = \sum_j q_j D_j \quad (80)$$

formülü ile hesaplanmakta olup, burada D_j her bir örnek alanın alfa çeşitlilik değerini, q_j 1/alt toplum sayısından elde edilen oransal değeri ifade etmektedir. D_{ara} beta çeşitliliği temsil ettiği için aslında toplumlar arası varyansı ifade etmekte olup, bu aşamada varyans değeri (d^2) için;

$$d^2 = \sum_j q_j \sum_i (p_{ij} - \bar{p}_i^2) = \sum_j q_j \lambda_j - \sum_i \bar{p}_i^2 \quad (81)$$

formülü kullanılmakta olup, formül içerisinde λ , Simpson çeşitliliği $(D) = 1 - \lambda$ 'dan gelmektedir. Bu nedenle D_T için;

$$D_T = 1 - \sum_i \bar{p}_i^2 \quad (82)$$

formülü kullanılmaktadır. Sonuç olarak $D_{ara} = d^2$ ve $D_T = D_{ara} + \bar{D}_{iç}$ olduğuna göre, $D_T = d^2 + \bar{D}_{iç}$ olup nihai aşamada;

$$D_T = 1 - \sum_i \bar{p}_i^2 = d^2 + \bar{D}_{iç} \quad (83)$$

eşitliği ortaya çıkmaktadır.

Bir diğer yöntem olan, Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesaplanması aşamasında ilk olarak, Shannon indisinin alfa tür çeşitlilik formülüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu formül;

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (84)$$

şeklinde olup, formül içerisinde S tür zenginliği, p_i türlerin oransal dağılımını ifade etmektedir (Shannon, 1948). Burada bir üst toplumun Shannon indisi ile beta çeşitliliğinin hesabı toplumlar arasındaki bilgi çeşitliliği (H_{ara}) olarak ifade edilmekte (Lande, 1996) olup, burada ilk önce;

$$H_{(j,T)} = \sum_i p_{ij} \ln(p_{ij}/\bar{p}_i) \quad (85)$$

formülü ile ayırım bilgisinin ($H_{(j,T)}$) belirlenmesi yapıp;

$$H_{ara} = \sum_j q_j H_{(j,T)} \quad (86)$$

formülü kullanılarak Shannon indisi ile beta çeşitliliğinin (H_{ara}) belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca H_{ara} alternatif olarak;

$$H_{ara} = - \sum_i \bar{p}_i \ln \bar{p}_i - \sum_j q_j H_j = H_Y - H_{\bar{\alpha}} \quad (87)$$

formülü üzerinden de hesaplanabilmektedir. Formülde H_Y gama çeşitliliğini, $H_{\bar{\alpha}}$ ortalama alfa çeşitliliğini, $\bar{p}_i$ türlerin oransal değerlerinin ortalamasını, H_j üst toplumda bulunan her bir alt toplumun Shannon indeks değerlerini, q_j oransal ağırlığı ifade etmektedir. q_j değeri 1/alt toplum sayısına denk gelmektedir (Özkan, 2016).

Son olarak BİÇEB yazılımı içerisinde yapılabilen bir diğer evrensel beta çeşitliliği hesabı ise Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin üssel değerler ($\beta_{Shannon}$) ile belirlenmesidir. Buradaki işlem sürecinde ana formül;

$$\beta_{Shannon} = H_Y / H_{\alpha} \quad (88)$$

şeklindedir (Anderson vd., 2011; Jost, 2007). Sırasıyla formülde yer alan H_Y ;

$$H_Y = \exp\left(- \sum_{i=1} \bar{p}_i \ln \bar{p}_i\right) \quad (89)$$

denklemini üzerinden hesaplanmakta olup, buradaki $-\sum_{i=1} \bar{p}_i \ln \bar{p}_i$ 'nin hesabı yukarıdaki Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesaplanması aşamasında verilmiştir. Diğer yandan H_{α} her bir alt toplumun Shannon indisi değerlerinin üssel değerleri toplamının alt toplum sayısına oranı olup;

$$H_{\alpha} = \sum_{j=1}^n \exp(H_j) / n \quad (90)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formül içerisinde n alt toplum sayısını ve H_j her bir alt toplumun Shannon indisi değerlerini ifade etmektedir.

5. YAZILIM İÇERİSİNDEKİ ÇEŞİTLİLİK MENÜLERİ İLE ÖRNEK ÇÖZÜMLER

Bu bölümde yazılım içerisinde yer alan çeşitlilik hesaplama menüleri kullanılarak sırasıyla tüm işlemlerin örnek çözümler ile gösterimi yer almaktadır. Bu amaçla yazılım içerisindeki alfa (α), beta (β) ve gama (γ) çeşitlilik düzeylerinde hesaplamalara uygun olacak şekilde yapay veri setleri oluşturulmuştur. Bunlardan ilki tüm alfa (α) çeşitlilik hesaplamalarına uygun olarak hazırlanan türlere ait sayılabilen (bolluk) verilerden oluşan örnek veri matrisidir (Tablo 1). **Burada görüleceği üzere tüm analizler için veriler yazılıma aktarılırken; satır kısmında türler, sütun kısmında ise örnek toplumlar olacak şekilde giriş yapılmalıdır.**

Tablo 1. Alfa (α) çeşitlilik hesaplamasına uygun örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi

	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
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

Tabloda S1, S2,...S20 şeklinde ifade edilen kısaltmalar örnek toplumlar yada örnek alanlar içerisinde yer alan farklı türleri, OA1, OA2...OA8 şeklindeki kısaltmalar ise envanter yapılan örnek toplum yada örnek alanları ifade etmektedir. Tablo içerisindeki rakamsal değerler ise türlere ait sayılabilen (bolluk) verilerdir. Yazılım içerisinde yer alan alfa çeşitlilik hesaplamalarında sadece tür zenginliği (S) bu veri matrisinin var-yok veri matrisine dönüşmüş şekli ile işlem görürken, diğer tüm alfa çeşitlilik hesaplamaları ve

seyreltme işlemlerinde doğrudan buradaki sayılabilen (bolluk) veri matrisi kullanılmaktadır (Özkan, 2016).

Beta çeşitliliği hesabında ise 4 farklı örnek veri matrisi ile işlem yapılabilmektedir. Bunlardan birincisi var-yok verileri ile iki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesabına uygun matristir (Tablo 2).

Tablo 2. İki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek var-yok veri matrisi

	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1	0	0	1	0	0	0	0	1
S2	0	1	1	0	1	0	0	1
S3	1	1	1	0	1	0	1	0
S4	0	1	1	0	1	1	1	0
S5	0	1	0	0	0	1	0	1
S6	1	1	1	1	1	1	0	1
S7	0	0	1	0	0	0	0	0
S8	0	1	0	0	0	0	0	0
S9	1	1	1	1	1	1	0	1
S10	0	1	0	0	1	0	1	0
S11	1	0	1	1	0	1	0	0
S12	0	0	0	1	0	0	0	1
S13	1	0	1	0	0	1	0	1
S14	0	0	0	0	0	0	1	0
S15	1	0	1	1	0	1	0	1
S16	1	0	0	1	0	0	0	0
S17	1	0	0	0	0	0	0	0
S18	1	0	1	1	0	1	0	0
S19	1	0	0	0	1	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	1

Beta çeşitliliği hesabında var-yok verileri ile ikiden fazla toplum için evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesabında kullanılmak için hazırlanan örnek matris ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. İki den fazla toplum arasındaki evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek var-yok veri matrisi

	O1A	O1B	O1C	O1D
S1	0	0	0	0
S2	0	0	0	0
S3	0	1	1	1
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	1	1	1	1
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	1	1	1	1
S10	0	0	0	0
S11	1	1	1	1
S12	0	0	0	0
S13	1	1	1	1
S14	0	0	0	0
S15	1	1	1	1
S16	1	1	1	1
S17	0	1	1	0
S18	0	1	0	0
S19	0	1	0	0
S20	0	0	0	0

Tablo 3'te yer alan O1A, O1B, O1C ve O1D bir örnek toplum içerisinde yer alan 4 farklı alt toplumu ifade etmektedir. Beta çeşitliliğinin hesabında kullanılan diğer iki veri matrisi ise sırasıyla sayılabilen (bolluk) veriler ile iki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesabı (Tablo 4) ve yine sayılabilen (bolluk) veriler ile ikiden fazla toplum için evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesabı için oluşturulan matristir (Tablo 5).

Tablo 4. İki toplum arasındaki beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
S1	0	0	3	0	0	0	0	16
S2	0	5	1	0	29	0	0	2
S3	7	7	2	0	10	0	16	0
S4	0	19	6	0	69	5	66	0
S5	0	10	0	0	0	6	0	5
S6	23	6	24	30	18	37	0	10
S7	0	0	2	0	0	0	0	0
S8	0	8	0	0	0	0	0	0
S9	43	62	59	4	69	62	0	47
S10	0	9	0	0	10	0	1	0
S11	36	0	19	81	0	50	0	0
S12	0	0	0	5	0	0	0	4
S13	10	0	1	0	0	5	0	13
S14	0	0	0	0	0	0	9	0
S15	20	0	30	14	0	5	0	18
S16	28	0	0	5	0	0	0	0
S17	5	0	0	0	0	0	0	0
S18	4	0	1	1	0	2	0	0
S19	6	0	0	0	5	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	15

Tablo 5. İki den fazla toplum arasındaki evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) hesaplamasına uygun örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi

	O1A	O1B	O1C	O1D
S1	0	0	0	0
S2	0	0	0	0
S3	0	2	3	2
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	8	5	2	8
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	12	13	15	3
S10	0	0	0	0
S11	8	4	8	16
S12	0	0	0	0
S13	4	1	2	3
S14	0	0	0	0
S15	2	5	6	7
S16	14	3	1	10
S17	0	3	2	0
S18	0	4	0	0
S19	0	6	0	0
S20	0	0	0	0

Verilen bu matrisler BİÇEB yazılımı içerisindeki tüm çeşitlilik hesaplamalarında örnek olarak kullanılmış olup, yazılım kurulum dosyası içinde Microsoft Excel formatında mevcuttur. Oluşturulan bu veri matrisleri ile aşağıda sırasıyla yazılım içerisindeki tüm menülerin tanıtımı yapılarak çeşitlilik hesaplamalarına ait örnek çözümler sunulmuştur.

5.1. Alfa (α) Çeşitlilik Hesaplamaları

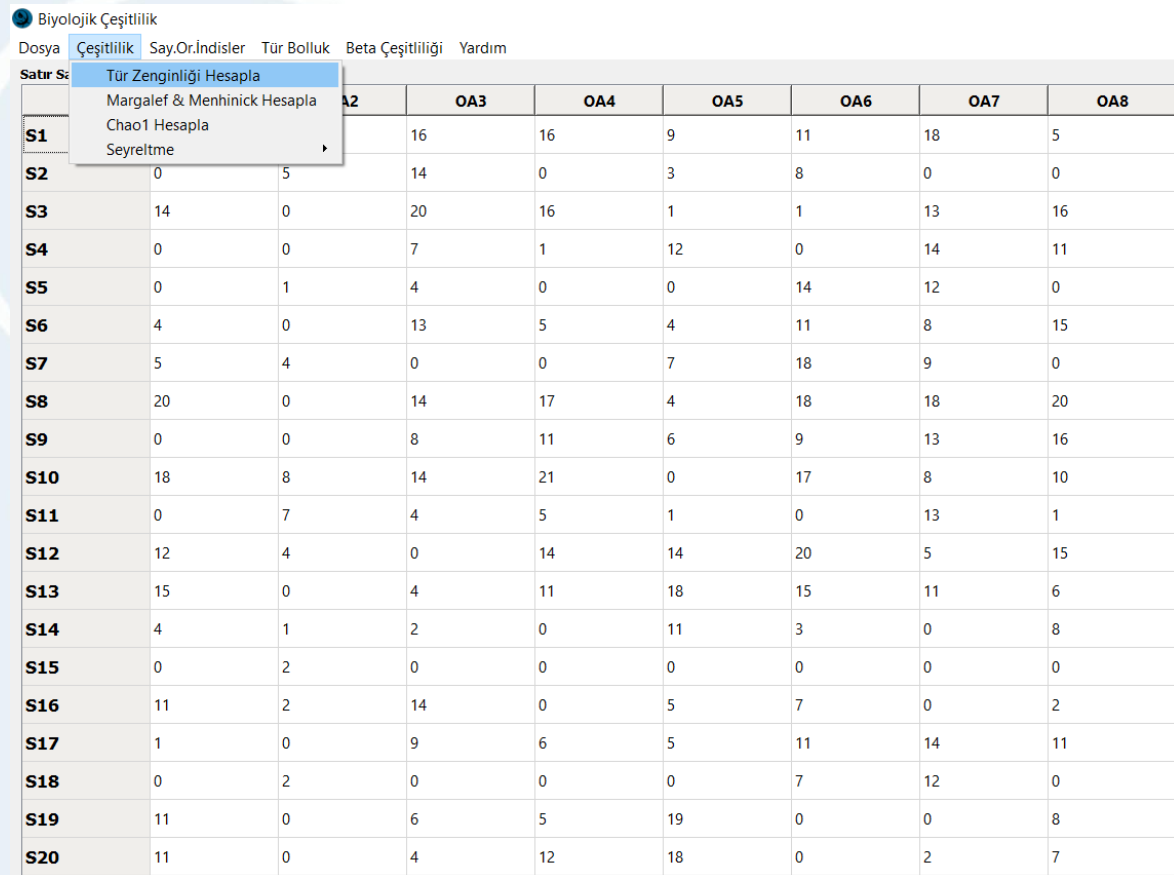
BİÇEB yazılımı içerisinde alfa çeşitlilik hesaplamaları, tür zenginlik ölçümleri, bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine dayalı indisler (heterojenlik indisleri) ve tür bolluk modellemeleri olmak üzere üç farklı aşamada gerçekleştirilmektedir.

5.1.1. Tür zenginliği (S) hesaplamaları

BİÇEB yazılımı içerisinde alfa (α) çeşitlilik hesaplamalarının en alt seviyesi olarak nitelendirilebilecek olan tür zenginliği hesaplamaları kısmında sırasıyla 5 farklı menüde işlem gerçekleştirilebilmektedir.

5.1.1.1. Doğrudan tür zenginliği (S) hesabı

Doğrudan tür zenginliği hesabı veri matrisindeki herbir türün var verisine göre gerçekleştirilmektedir. Fakat BİÇEB yazılımı içerisinde diğer alfa çeşitlilik hesaplamalarına uygun olan bolluk veri matrisi çağırılarak bu işlemin yapılabilmesi mümkündür. Çünkü bu matris yazılım içerisinde otomatik olarak türlere ait var verilerine dönüşmekte ve işlem buna göre gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla BİÇEB yazılımı içerisinde doğrudan tür zenginliği hesabı için tercihen sayılabilen (bolluk) veya var-yok veri matrisi ile işlem gerçekleştirilmesi mümkündür. Burada tür zenginliği hesabı için örnek bir sayılabilen (bolluk) veri matrisi BİÇEB yazılımında çağırılarak, uygulaması “Çeşitlilik” sekmesi altında yer alan “Tür Zenginliği Hesapla” butonu ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).



Satır Sırası	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1			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 7. Doğrudan tür zenginliği hesaplama menüsü

Doğrudan tür zenginliği hesabı sonucunda elde edilen sonuç ekranı Şekil 8’de verilmiştir.

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
Tür Zenginliği (S)	13	10	16	13	16	15	15	15
Toplam Birey Sayısı (N)	139	36	153	140	137	170	170	151

<

Şekil 8. Doğrudan tür zenginliği sonuç ekranı

Burada verilen sonuç ekranında örnek alanda bulunan farklı türlerin sayısı *Tür Zenginliği (S)*, toplam bolluk değerleri ise *Toplam Birey Sayısı (N)* menüsü içerisinde verilmektedir. Diğer yandan burada görüleceği üzere sonuç ekranı üzerindeki “Kopyala” menüsü kullanılarak, sonuçların herhangi bir dosyaya “Yapıştır” seçeneği ile aktarılması mümkündür. Ayrıca yine sonuç ekranının altındaki “Excel'e Aktar” menüsü ile doğrudan sonuç verileri MS Excel ortamına aktarılabilir.

5.1.1.2. Margalef (D_{MG}) ve Menhinick (D_{MN}) indisleri ile tür zenginlik hesabı

Bu iki alfa çeşitlilik indisinin hesabı tür ve birey sayısına göre gerçekleşmekte olup, örnek sayılabilen (bolluk) veri matrisi ile BİÇEB yazılımında uygulaması “Çeşitlilik” sekmesi altında yer alan “Margalef & Menhinick Hesapla” menüsü ile yapılmaktadır (Şekil 9).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.Indisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sı: Tür Zenginliği Hesapla

Margalef & Menhinick Hesapla

Chao1 Hesapla

Seyreltme

			OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1			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 9. Margalef ve Menhinick hesaplama menüsü

Belirtilen menü ile bu iki alfa çeşitlilik hesaplaması neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 10'da görülmektedir.

Sonuç Ekranı

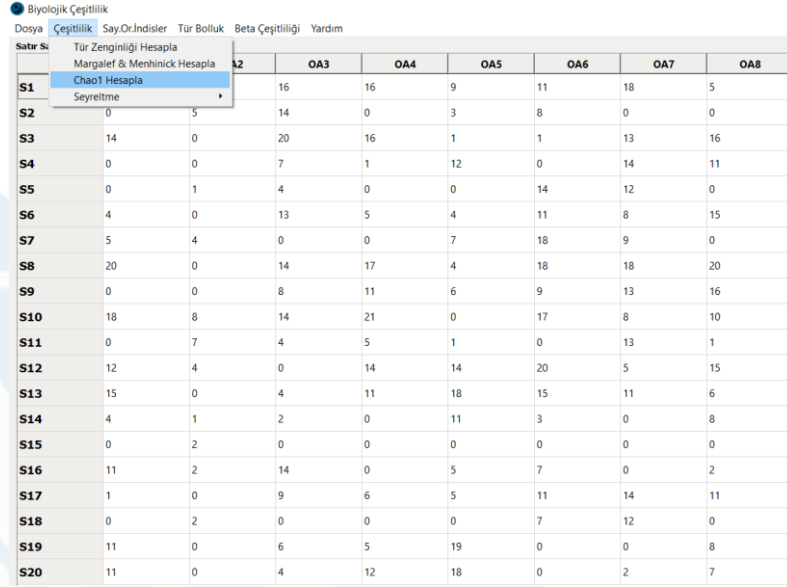
Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
Margalef	2.43187	2.5115	2.98185	2.42834	3.04879	2.72596	2.72596	2.79036
Menhinick	1.10265	1.66667	1.29352	1.0987	1.36697	1.15045	1.15045	1.22068

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 10. Margalef ve Menhinick çeşitlilik indisleri sonuç ekranı

5.1.1.3. Chao1 indisi

Tek ve iki bireye sahip olan türlere göre hesaba dayanan bu indisin, BİÇEB yazılımında uygulaması “Çeşitlilik” sekmesi altında yer alan “Chao1 Hesapla” menüsü ile yapılmaktadır (Şekil 11).

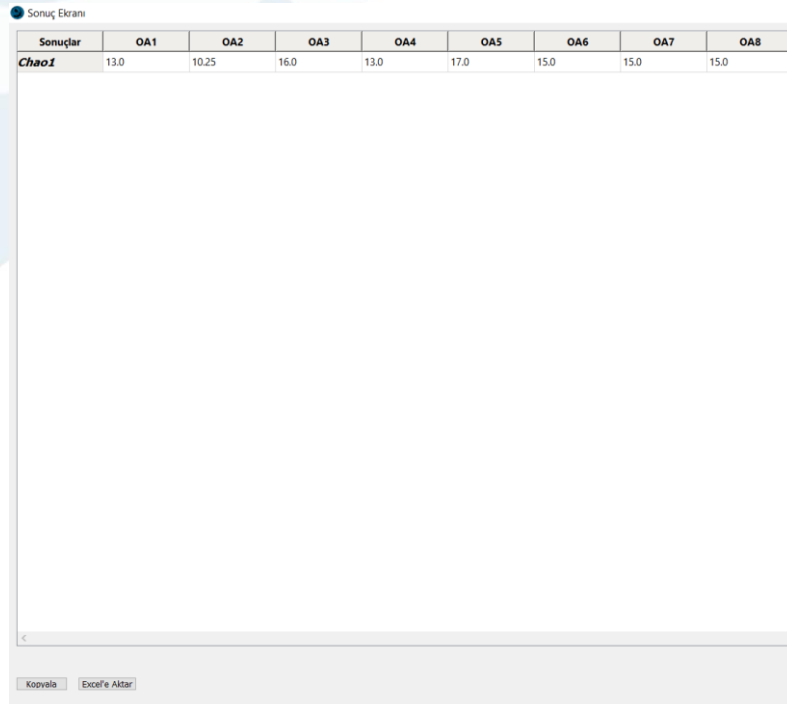


The screenshot shows the 'Biyolojik Çeşitlilik' (Biological Diversity) window. The 'Dosya' (File) menu is open, and the 'Chao1 Hesapla' option is highlighted. The main window displays a table with 20 rows (S1 to S20) and 8 columns (OA1 to OA8). The table contains numerical data for each row.

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

Şekil 11. Chao1 hesaplama menüsü

Chao1 çeşitlilik hesaplaması neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 12’de verilmiştir.



The screenshot shows the 'Sonuç Ekranı' (Result Screen) window. It displays a table with 8 columns (OA1 to OA8) and one row labeled 'Chao1'. The table contains numerical data for each column.

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
Chao1	13.0	10.25	16.0	13.0	17.0	15.0	15.0	15.0

Şekil 12. Chao1 çeşitlilik indisi sonuç ekranı

5.1.1.4. Seyreltme işlemleri

Çalışmalarda örnek alan boyutlarının farklı olması doğrudan tür zenginlik hesaplamalarında hatalı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu durumda seyreltme adı verilen işlemler ile gerçekleştirilen tür zenginlik hesaplamaları ile bu hatanın azaltılması mümkün olabilmektedir. Bu amaçla BİÇEB yazılımı içerisinde yer alan seyreltme işlemleri bağımlı ve bağımsız seyreltme olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilebilmektedir.

5.1.1.4.1. Bağımlı seyreltme işlemi

Geleneksel alfa çeşitlilik hesaplamaları içerisinde dolaylı bir tür zenginliği hesabı olan bağımlı seyreltme işlemi sayılabilen (bolluk) veri matrisi ile gerçekleştirilmekte olup, BİÇEB yazılımında işlemin uygulaması “Çeşitlilik” sekmesi altında yer alan “Seyreltme” ve “Bağımlı” menüleri ile yapılmaktadır (Şekil 13).

Biyolojik Çeşitlilik

DosyaÇeşitlilikSay.Or.İndislerTür BollukBeta ÇeşitliliğiYardım

Satır Sı

Tür Zenginliği Hesapla

Margalef & Menhinick Hesapla

Chao1 Hesapla

Seyreltme

Bağımlı

Bağımsız

	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8	
S1	16	16	9	11	18	5		
S2	0	5	0	3	8	0	0	
S3	14	0	20	16	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 13. Bağımlı seyreltme işlem menüsü

Bağımlı seyreltme işlemi neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 14’te verilmiştir.

	OA1 E(S)	OA2 E(S)	OA3 E(S)	OA4 E(S)	OA5 E(S)	OA6 E(S)	OA7 E(S)	OA8 E(S)
S1	0.98356	0	0.98948	0.99379	0.9417	0.93338	0.98939	0.74916
S2	0.0	5	0.98079	0.0	0.60248	0.85765	0.0	0.0
S3	0.98825	0	0.99694	0.99379	0.26277	0.21176	0.96021	0.99023
S4	0.0	0	0.85361	0.25714	0.97856	0.0	0.96933	0.95568
S5	0.0	1	0.66221	0.0	0.0	0.96933	0.94846	0.0
S6	0.7031	0	0.97414	0.77945	0.70927	0.93338	0.85765	0.98671
S7	0.78228	4	0.0	0.0	0.88817	0.98939	0.88928	0.0
S8	0.99854	0	0.98079	0.99559	0.70927	0.98939	0.98939	0.99722
S9	0.0	0	0.88971	0.9671	0.84579	0.88928	0.96021	0.99023
S10	0.99704	8	0.98079	0.99892	0.0	0.98612	0.85765	0.94049
S11	0.0	7	0.66221	0.77945	0.26277	0.0	0.96021	0.23841
S12	0.97705	4	0.0	0.98778	0.98916	0.99383	0.70058	0.98671
S13	0.99164	0	0.66221	0.9671	0.99734	0.97641	0.93338	0.81101
S14	0.7031	1	0.41641	0.0	0.96998	0.5126	0.0	0.89345
S15	0.0	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S16	0.96807	2	0.98079	0.0	0.78797	0.8173	0.0	0.42119
S17	0.25899	0	0.91709	0.83826	0.78797	0.93338	0.96933	0.95568
S18	0.0	2	0.0	0.0	0.0	0.8173	0.94846	0.0
S19	0.96807	0	0.80614	0.77945	0.99815	0.0	0.0	0.89345
S20	0.96807	0	0.66221	0.97628	0.99734	0.0	0.37967	0.85794
Toplam	11.28776	10	13.41552	11.3141	12.72869	12.8105	13.3132	12.66756
Toplam Birey Sayısı (N)	139.0	36	153.0	140.0	137.0	170.0	170.0	151.0

<

[Kopyala](#)
[Excel'e Aktar](#)

Şekil 14. Bağımlı seyreltme sonuç ekranı

Sonuç ekranında “Toplam” satırının içinde yer alan değerler bağımlı seyreltme sonucunda elde edilen tür zenginlik değerleridir.

5.1.1.4.2. Bağımsız seyreltme işlemi

Geleneksel alfa çeşitlilik hesaplamaları içerisinde bir diğer dolaylı tür zenginliği hesabı ise bağımsız seyreltme işlemi ile gerçekleştirilebilmektedir. Yine sayılabilen (bolluk) veri matrisi kullanılarak BİÇEB yazılımında bu işlemin uygulaması “Çeşitlilik” sekmesi altında yer alan “Seyreltme” ve “Bağımsız” menüleri ile yapılmaktadır (Şekil 15).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.Indisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sı			OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1			16	16	9	11	18	5	
S2	0	5		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 15. Bağımsız seyreltme işlem menüsü

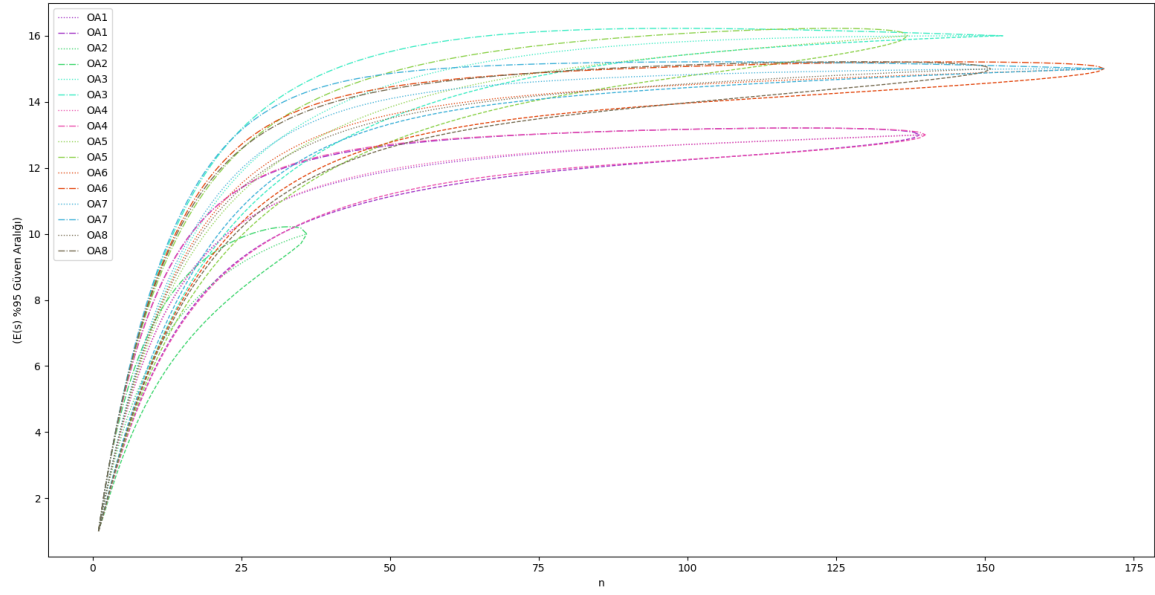
Bağımsız seyreltme işlemi neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 16'da verilmiştir.

	OA1 E(Sn)	OA1 σ(Sn)	OA2 E(Sn)	OA2 σ(Sn)	OA3 E(Sn)	OA3 σ(Sn)	OA4 E(Sn)	OA4 σ(Sn)	OA5 E(Sn)	OA5 σ(Sn)	OA6 E(Sn)	OA6 σ(Sn)	OA7 E(Sn)	OA7 σ(Sn)	OA8 E(Sn)	OA8 σ(Sn)
1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
2.0	1.90929	0.287196	1.88254	0.321968	1.92458	0.26407	1.90771	0.289438	1.91456	0.279542	1.92329	0.266137	1.92955	0.255902	1.92071	0.270196
3.0	2.73653	0.459758	2.66289	0.503985	2.77998	0.429064	2.73227	0.462973	2.75206	0.450833	2.77604	0.431478	2.79366	0.416869	2.76887	0.437276
4.0	3.48955	0.601437	3.3544	0.645231	3.57191	0.569671	3.48191	0.605298	3.52005	0.594515	3.56396	0.571489	3.59699	0.554599	3.55065	0.578211
5.0	4.17541	0.718845	3.96876	0.755445	4.3056	0.691021	4.16402	0.723216	4.22528	0.716712	4.29224	0.691377	4.34385	0.67371	4.27167	0.69845
6.0	4.8005	0.81582	4.51612	0.840663	4.98582	0.795871	4.78523	0.820688	4.87385	0.820863	4.96569	0.793956	5.03828	0.776602	4.93706	0.800978
7.0	5.37059	0.895331	5.00532	0.905505	5.61697	0.886304	5.35151	0.900763	5.4712	0.909564	5.5887	0.881365	5.68401	0.865082	5.5515	0.888066
8.0	5.89088	0.959859	5.44401	0.953681	6.20303	0.96406	5.86824	0.965971	6.02223	0.984949	6.1653	0.955399	6.28451	0.940682	6.11927	0.961617
9.0	6.36607	1.011534	5.83881	0.988215	6.74768	1.030646	6.34023	1.018468	6.53134	1.04882	6.69921	1.01762	6.84301	1.00475	6.64427	1.023279
10.0	6.80042	1.052203	6.19542	1.011573	7.25427	1.087382	6.77182	1.060104	7.00247	1.102721	7.19383	1.069409	7.3625	1.058494	7.13005	1.0745
11.0	7.19777	1.083474	6.51878	1.025759	7.72586	1.135433	7.1669	1.092475	7.43916	1.147977	7.65228	1.11199	7.84576	1.103004	7.57987	1.116553
12.0	7.56158	1.106744	6.81309	1.032398	8.16526	1.17583	7.52897	1.116956	7.84461	1.185734	8.07742	1.146454	8.29539	1.139267	7.9967	1.150571
13.0	7.89499	1.12323	7.08198	1.032793	8.57505	1.209485	7.8612	1.134736	8.22167	1.216978	8.4719	1.173772	8.71378	1.168178	8.38324	1.177552
14.0	8.20084	1.13399	7.32856	1.027986	8.95758	1.237202	8.16641	1.146838	8.5729	1.242564	8.83813	1.194813	9.10317	1.190548	8.74197	1.198384
15.0	8.48168	1.139941	7.55549	1.018803	9.31499	1.259696	8.44714	1.154414	8.90062	1.263231	9.17832	1.21035	9.46562	1.207113	9.07516	1.213852
16.0	8.73982	1.141876	7.76505	1.005893	9.64926	1.277596	8.7057	1.1574	9.2069	1.279619	9.49452	1.221075	9.80306	1.218539	9.38486	1.224652
17.0	8.97736	1.140479	7.95918	0.989759	9.9622	1.291458	8.94415	1.157266	9.4936	1.292282	9.78859	1.227601	10.11727	1.225432	9.67297	1.231401
18.0	9.19618	1.136339	8.13955	0.970789	10.25546	1.301774	9.16434	1.154292	9.7624	1.3017	10.06226	1.230477	10.40992	1.228337	9.9412	1.234644
19.0	9.39801	1.129962	8.30758	0.949277	10.53054	1.308975	9.36794	1.148953	10.01482	1.308289	10.31709	1.230191	10.68254	1.227749	10.19115	1.234864
20.0	9.58437	1.121777	8.46451	0.92544	10.78885	1.313442	9.55646	1.141653	10.25222	1.312412	10.55454	1.227177	10.93656	1.224114	10.42425	1.232485
21.0	9.75668	1.112152	8.61137	0.899435	11.03163	1.315511	9.73126	1.132738	10.47582	1.314384	10.77594	1.221821	11.17331	1.217835	10.64181	1.227885
22.0	9.91619	1.101397	8.74908	0.871363	11.26007	1.315476	9.89356	1.122499	10.68673	1.314478	10.98251	1.214465	11.39402	1.209276	10.84506	1.221396
23.0	10.06405	1.089774	8.87841	0.841283	11.47522	1.313597	10.04447	1.111185	10.88595	1.312933	11.17538	1.205413	11.59983	1.198762	11.03509	1.213311

Şekil 16. Bağımsız seyreltme sonuç ekranı

Sonuç ekranında her bir örnek alan için sahip olduğu toplam birey sayısında seyreltilmiş tür zenginliği değeri ($E(Sn)$) elde edilmektedir. Bu esnada kullanıcıların her bir örnek alan için bağımsız seyreltme işlemi sonucu tür zenginliği değerlerini ve standart hata ($\sigma(Sn)$) değerlerini, örnek alanlar içerisinde en düşük toplam birey sayısına denk gelen satırdan almaları önerilebilir. Fakat bu sabit bir kural olmayıp, seyreltilmiş tür zenginliği değerlerinin, en düşük toplam birey sayısı değerine eşit veya düşük sayıdaki bir satır üzerinden okunması mümkündür.

Bağımsız seyreltme işlemine ait sonuç ekranının altında ayrıca her bir örnek toplum için seyreltme eğrisi ve eğriye ait güven aralıklarının gösterildiği grafiklerinde oluşturulması mümkündür (Şekil 17).



Şekil 17. Seyreltme eğrisi ve eğriye ait güven aralıkları

Şekil 17'de verilen bu grafiklerin yine BİÇEB yazılımı içerisinde font ve grafik kalitesine yönelik çeşitli opsiyonlar bulunmakta olup, burada gerekli iyileştirmeleri yapılan grafiklerin PNG, EP, JPEG, PDF, TIFF vb., formatlarda kayıt edilebilmesi mümkündür. Ayrıca grafik çiziminde, hata aralık çizgileri görülmek istenmiyor ise “Grafik Çiz” menüsü yanındaki kutucuk işaretlenmelidir.

5.1.2. Sayılabilen (bolluk) verilere göre alfa çeşitlilik hesaplamaları

Burada 5 farklı indis ile alfa çeşitlilik değerleri hesaplanmakta olup, bunların tamamı heterojenlik (benzemezlik) indisi olarak işlem görmektedir.

5.1.2.1. Shannon-Wiener indisi

Bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine dayalı heterojenlik indislerinden birisi olan Shannon-Wiener çeşitlilik hesaplaması sayılabilen (bolluk) veri matrisi ile gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla örnek bolluk veri matrisi BİÇEB yazılımında çağırılarak uygulaması “Say.Or.İndisler” sekmesi altında yer alan “Shannon-Wiener” menüsü ile işleme alınmaktadır (Şekil 18).

Satır Sayısı : 20	Shannon-Wiener	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
	Brillouin							
	Simpson							
	McIntosh							
	Berger-Parker							
S1		16	16	9	11	18	5	
S2		14	0	3	8	0	0	
S3	14	0	20	16	1	13	16	
S4	0	0	7	1	12	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 18. Shannon-Wiener çeşitlilik hesaplama menüsü

Shannon-Wiener çeşitlilik hesaplaması sonucunda elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 19'da görüldüğü gibi olmaktadır.

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
H'	2.40972	2.09593	2.61372	2.40426	2.52752	2.57239	2.62713	2.54884
E	0.93948	0.91025	0.9427	0.93735	0.91161	0.9499	0.97012	0.94121
$Var H'$	0.00181	0.01323	0.00203	0.00194	0.00308	0.00133	0.00095	0.00179
1	2	3	4	5	6	7	8	
1		*	**	t = 0.08916 sd = 278.73071 p = 0.92902	t = -1.68458 sd = 257.63779 p = 0.09328	**	**	*
	t = 2.55868 sd = 46.29971 p = 0.01384	t = -3.29204 sd = 291.97444 p = 0.00112	t = -4.19157 sd = 47.63133 p = 0.00012	t = -2.50336 sd = 47.07164 p = 0.01583	t = -3.37944 sd = 53.94476 p = 0.00136	t = -2.90297 sd = 290.2071 p = 0.00398	t = -4.13833 sd = 263.7866 p = 5e-05	t = -2.31867 sd = 289.36148 p = 0.02111
2			**	*	**	**	**	**
			t = -4.19157 sd = 47.63133 p = 0.00012	t = -2.50336 sd = 47.07164 p = 0.01583	t = -3.37944 sd = 53.94476 p = 0.00136	t = -3.94862 sd = 43.5088 p = 0.00028	t = -4.46087 sd = 41.31058 p = 6e-05	t = -3.69553 sd = 46.19888 p = 0.00058
3				**	t = 1.20586 sd = 271.49825 p = 0.22892	t = 0.71301 sd = 302.35183 p = 0.47639	t = -0.24565 sd = 275.42264 p = 0.80613	t = 1.04973 sd = 303.04118 p = 0.29468
4					t = -1.73968 sd = 262.1583 p = 0.08309	**	**	*
					t = -2.94016 sd = 286.76402 p = 0.00355	t = -2.94016 sd = 286.76402 p = 0.00355	t = -4.14575 sd = 259.44902 p = 5e-05	t = -2.3673 sd = 289.23708 p = 0.01858
5						t = -0.67567 sd = 244.17228 p = 0.49989	t = -1.5691 sd = 217.84479 p = 0.11808	t = -0.30551 sd = 262.17238 p = 0.76022
6							t = -1.1464 sd = 330.81081 p = 0.25246	t = 0.42161 sd = 307.81199 p = 0.6736
7								t = 1.49565 sd = 283.00633 p = 0.13586
8								

Şekil 19. Shannon-Wiener çeşitlilik indisi sonuç ekranı

Sonuç ekranında H' sembolü Shannon-Wiener çeşitlilik değerlerini ifade etmektedir. Ayrıca sonuç ekranı üzerinde bu indise ait eşitlik (E) ve varyans ($Var H'$) değerleri verilmektedir. Sonuç ekranındaki E değerleri örnek toplumlar içerisinde türler arası dengeli dağılıma durumunu ifade etmekteyken, buradaki $Var H'$ değerleri t Tablosu (Ek Tablo 3) okumalarına uygun olarak t ve serbestlik derecesi (sd) değerlerine ulaşılmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla buradaki t ve sd değerleri ile t Tablosu üzerinden otomatik olarak bir hesaplama gerçekleştirilerek, örnek toplumlar arası elde edilen Shannon-Wiener alfa çeşitlilik değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem seviyesine (p) ilişkin değerler sunulmaktadır. Buna göre sonuç ekranında * sembolü istatistiksel olarak iki toplum arasındaki çeşitlilik farkının %5 düzeyinde anlamlılığını, ** sembolü ise %1 düzeyinde anlamlılığını ifade etmektedir.

5.1.2.2. Brillouin indisi

Bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine dayalı heterojenlik indislerinden bir diğeri olan Brillouin indisi ile alfa çeşitlilik hesaplaması sayılabilen (bolluk) veri matrisi ile gerçekleştirilmektedir. İlgili veri matrisi BİÇEB yazılımında “Say.Or.İndisler” sekmesi altında yer alan “Brillouin” menüsü ile işleme alınmaktadır (Şekil 20).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20

	Shannon-Wiener	Brillouin	Simpson	McIntosh	Berger-Parker	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1							16	16	9	11	18	5
S2							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 20. Brillouin çeşitlilik hesaplama menüsü

Brillouin çeşitlilik hesaplaması neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 21’de görüldüğü gibidir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
HB	2.24653	1.76019	2.4304	2.2419	2.33559	2.41233	2.46338	2.37521
E	0.9396	0.91196	0.94249	0.93724	0.9117	0.95014	0.97025	0.94117

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 21. Brillouin çeşitlilik indisi sonuç ekranı

Burada *HB* sembolü bu indise göre çeşitlilik değerlerini ifade etmektedir. Ayrıca bu indise ait eşitlik (*E*) değerleri elde edilmekte olup, bu değer örnek toplumlar içerisinde türler arası dengeli dağılıma durumunu ifade etmektedir.

5.1.2.3. Simpson indisi

Alfa çeşitlilik hesaplamaları aşamasında sayılabilen (bolluk) veri matrisi ile işlem yapılabilen bir diğer indis ise Simpson indisi olup, BİÇEB yazılımında “Say.Or.İndisler” sekmesi altında yer alan “Simpson” menüsü ile işlem yapılabilmektedir (Şekil 22).

Satır Sayısı : 20	Shannon-Wiener	Brillouin	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1	Simpson			16	16	9	11	18	5
S2	McIntosh			14	0	3	8	0	0
S3	Berger-Parker								
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 22. Simpson çeşitlilik hesaplama menüsü

Bu indis ile çeşitlilik hesaplaması neticesinde oluşan sonuç ekranı Şekil 23'te görülmektedir.

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
1 - A	0.90275	0.85802	0.91854	0.90122	0.90788	0.91785	0.92408	0.91461
Var D	4e-05	0.00064	3e-05	4e-05	6e-05	2e-05	1e-05	3e-05
1	2	3	4	5	6	7	8	
1		t = 1.71532 sd = 40.59955 p = 0.09391	t = -1.88727 sd = 281.72019 p = 0.06015	t = 0.17106 sd = 278.99642 p = 0.8643	t = -0.513 sd = 264.63313 p = 0.60838	t = -1.9494 sd = 259.67033 p = 0.05232	** t = -3.01652 sd = 206.62819 p = 0.00288	t = -1.41754 sd = 280.46387 p = 0.15743
2			* t = -2.33809 sd = 39.43371 p = 0.02455	t = -1.65664 sd = 40.59984 p = 0.1053	t = -1.88453 sd = 42.96717 p = 0.06627	* t = -2.32888 sd = 38.27724 p = 0.02524	* t = -2.59109 sd = 37.13187 p = 0.0136	* t = -2.18626 sd = 39.43344 p = 0.03479
3				* t = 2.07014 sd = 283.05825 p = 0.03935	t = 1.12366 sd = 251.86782 p = 0.26223	t = 0.09758 sd = 303.57143 p = 0.92233	t = -0.87595 sd = 247.27273 p = 0.38191	t = 0.50736 sd = 303.98684 p = 0.61227
4					t = -0.666 sd = 265.21018 p = 0.50599	* t = -2.14692 sd = 261.21951 p = 0.03272	** t = -3.23289 sd = 208.04196 p = 0.00143	t = -1.60041 sd = 281.78999 p = 0.11063
5						t = -1.11468 sd = 223.53929 p = 0.26618	t = -1.93627 sd = 182.38932 p = 0.05438	t = -0.7094 sd = 251.25911 p = 0.47873
6							t = -1.13744 sd = 306.0 p = 0.25625	t = 0.45821 sd = 300.72634 p = 0.64714
7								t = 1.49734 sd = 244.33076 p = 0.1356
8								

Şekil 23. Simpson çeşitlilik indisi sonuç ekranı

Simpson çeşitliliğine ilişkin elde edilen sonuç ekranında $1-\lambda$ sembolü bu indise göre çeşitlilik (benzemezlilik) değerlerini ifade etmektedir. Ayrıca yine tıpkı Shannon-Wiener indisinde olduğu gibi, sonuç ekranı üzerinde bu indise ait varyans ($Var D$) değerleri verilmektedir. $Var D$ değerleri yine burada t Tablosu (Ek Tablo 3) okumalarına uygun olarak t ve sd değerlerine ulaşılmasını sağlamakta olup, buradaki t ve sd değerleri kullanılarak t Tablosu üzerinden Simpson indisi ile hesaplanan alfa çeşitlilik değerlerine göre iki toplum arasındaki farkın istatistiksel olarak önem seviyesi (p) tespit edilmektedir. Sonuç ekranındaki * sembolü istatistiksel olarak iki toplum arasındaki çeşitlilik farkının %5 düzeyinde anlamlılığını, ** sembolü ise %1 düzeyinde anlamlılığını ifade etmektedir.

5.1.2.4. McIntosh indisi

Bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine dayalı heterojenlik indislerinden bir diğeri olan McIntosh indisi ile çeşitlilik hesaplaması, örnek veri matrisi ile BİÇEB yazılımında “Say.Or.İndisler” sekmesi altında yer alan “McIntosh” menüsü ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 24).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20

	Shannon-Wiener	Brillouin	Simpson	McIntosh	Berger-Parker	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1							16	16	9	11	18	5
S2							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 24. McIntosh çeşitlilik hesaplama menüsü

Bu işlem sonucunda gerçekleştirilen çeşitlilik hesaplaması ile oluşan sonuç ekranı Şekil 25'te görülmektedir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
U	43.34743	13.56466	43.66921	44.0	41.58125	48.72371	46.84015	44.12482
D	0.75193	0.74784	0.77743	0.74902	0.76155	0.77265	0.78465	0.77048
E	0.95226	0.91142	0.95277	0.94889	0.92865	0.9617	0.97664	0.95414

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 25. McIntosh çeşitlilik indisi sonuç ekranı

İşlem sonucunda elde edilen ekranda görülen *D* değerleri McIntosh alfa çeşitlilik değerlerini ifade ederken, *E* değerleri ise yine örnek toplumlar içerisinde türler arası dengeli dağılımı durumunu göstermektedir.

5.1.2.5. Berger-Parker indisi

BİÇEB yazılımında Berger-Parker indisi ile alfa çeşitlilik hesaplaması, “Say.Or.İndisler” sekmesi altında yer alan “Berger-Parker” menüsü ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 26).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.Indisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20

			OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1		Shannon-Wiener		16	16	9	11	18	5
S2		Brillouin		14	0	3	8	0	0
S3	14	Simpson	0	20	16	1	1	13	16
S4	0	McIntosh	0	7	1	12	0	14	11
S5	0	Berger-Parker	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 26. Berger-Parker çeşitlilik hesaplama menüsü

İşlem sonucu oluşan sonuç ekranı Şekil 27'de verilmiştir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
1/d	6.95	4.5	7.65	6.66667	7.21053	8.5	9.44444	7.55

<

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 27. Berger-Parker çeşitlilik indisi sonuç ekranı

Burada görülmekte olan $1/d$ değerleri Berger-Parker indisi ile hesaplanan alfa çeşitlilik değerleridir.

5.1.3. Tür bolluk modellemeleri

Alfa çeşitlilik hesaplamalarının ayrı bir bölümünü ise tür bolluk modellemeleri oluşturmakta olup, BİÇEB yazılımı içerisinde 5 farklı menü üzerinden işlem gerçekleştirilebilmektedir.

5.1.3.1. Q istatistiği

Q İstatistiği hesabı üzerinden çeşitlilik hesaplaması sayılabilen (bolluk) veri matrisi ile gerçekleştirilmekte olup, BİÇEB yazılımında uygulaması “Tür Bolluk” sekmesi altında yer alan “Q İstatistiği” menüsü ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 28).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.Indisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 9

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

Şekil 28. Q İstatistiği hesaplama menüsü

Q İstatistiği sonucunda elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 29’da verilmiştir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
Q	5.8274	4.36543	7.18412	6.448	6.785	9.57959	16.08246	8.18518

Kopvala Excel'e Aktar

Şekil 29. Q İstatistiği sonuç ekranı

5.1.3.2. Log serileri

BİÇEB yazılımında sayılabilen (bolluk) veri matrisi kullanılarak gerçekleştirilen Log Serileri ile çeşitlilik hesaplaması, “Tür Bolluk” sekmesi altında yer alan “Log Serileri” menüsü ile uygulanmaktadır (Şekil 30).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 9

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

Şekil 30. Log Serileri hesaplama menüsü

BİÇEB yazılımı içerisinde Log Serileri hesabı sonucunda elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 31’de verilmiştir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
x	0.97537	0.901	0.97143	0.97561	0.96686	0.9772	0.9772	0.97332
α	3.50973	3.95556	4.50009	3.5007	4.69609	3.96715	3.96715	4.13911

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 31. Log Serileri sonuç ekranı

Sonuç ekranında görülen α sembolü karşısında görülen değerler her bir örnek toplumu için Log Serileri ile hesaplanan alfa çeşitlilik değerlerini temsil etmekteyken, x sembolü karşısındaki değerler buradaki çeşitlilik hesabı için ihtiyaç duyulan ara değerler olup, bu konuda detaylı açıklama Bölüm 5.1’de yapılmıştır.

5.1.3.3. Log normal

Yine sayılabilen (bolluk) verileri ile gerçekleştirilen Log Normal ile çeşitlilik hesabı, “Tür Bolluk” sekmesi altında yer alan “Log Normal” menüsü ile uygulanmaktadır (Şekil 32).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 9

	OA1	Q İstatistiği Log Serileri Log Normal Jack Knifing SHE Analizi	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1	13		16	16	9	11	18	5
S2	0		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 32. Log Normal hesaplama menüsü

Bu işlem sonucunda Log Normal hesabına ilişkin alfa çeşitlilik değerleri ise Şekil 33'te verilmiştir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
A	35.79021	30.0826	54.84729	36.27905	39.47579	43.68216	61.76973	42.04995

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 33. Log Normal sonuç ekranı

5.1.3.4. Jack-Knifing indisi

Jack-Knifing çeşitlilik hesabı BİÇEB yazılımında “Tür Bolluk” sekmesi altında yer alan “Jack Knifing” menüsü ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 34). Jack Knifing çeşitlilik hesaplaması için söz konusu örnek veri matrisine göre 8 örnek alan bir toplumu temsil ettiği farz edilmekte, dolayısıyla bu hesaplamadan tek bir alfa çeşitlilik değeri elde edilmektedir. Yazılım her bir toplumun Jack-Knifing çeşitlilik hesabını tek tek gerçekleştirmektedir. Diğer bir deyişle yazılım kullanılırken, birden fazla örnek alanlarla ifade edilen bir toplumun verisi girilip o toplum için Jack Knifing çeşitlilik hesabı yapıldıktan sonra, işlem diğer toplumlar için aynı şekilde tekrarlanmalıdır.

Biyolojik Çeşitlilik

DosyaÇeşitlilikSay.Or.İndislerTür BollukBeta ÇeşitliliğiYardım

Satır Sayısı : 20Sütun Sayısı : 9

Q İstatistiği
Log Serileri
Log Normal
Jack Knifing
SHE Analizi

	OA1	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8	
S1	13	16	16	9	11	18	5	
S2	0	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 34. Jack Knifing hesaplama menüsü

İşlem sonucunda Jack Knifing çeşitlilik hesabına ilişkin elde edilen çıktılarına ait ekran Şekil 35'te verilmiştir.

Sonuçlar	Jack-Knifing	Varyans	Standart Sapma	Standart Hata
Jack-Knifing	16.87419	12.53538	3.54053	1.25177

Kopyala

Excel'e Aktar

Şekil 35. Jack-Knifing sonuç ekranı

Burada görüleceği üzere Jack-Knifing hesabında çok sayıda örnek alandan tek bir çeşitlilik değeri elde edilmektedir. Ayrıca sonuç ekranında Jack-Knifing alfa çeşitlilik değerine ulaşılması aşamasında hesaplanan varyans (σ^2), standart sapma (σ) ve standart hata (α) değerleri mevcuttur.

5.1.3.5. SHE analizi

Geleneksel alfa çeşitlilik indislerinin hesabında tür zenginliği (S), tür çeşitliliği (H) ve eşitlik (E) hesaplamalarını bir arada sunan SHE analizinin hesabı, BİÇEB yazılımı içerisinde “Tür Bolluk” sekmesi altında yer alan “SHE Analizi” menüsü ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 36).

1 Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20	Sütun Sayısı : 9	Q İstatistiği Log Serileri Log Normal Jack Knifing SHE Analizi	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
S1	13		16	16	9	11	18	5
S2	0		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 36. SHE analizi hesaplama menüsü

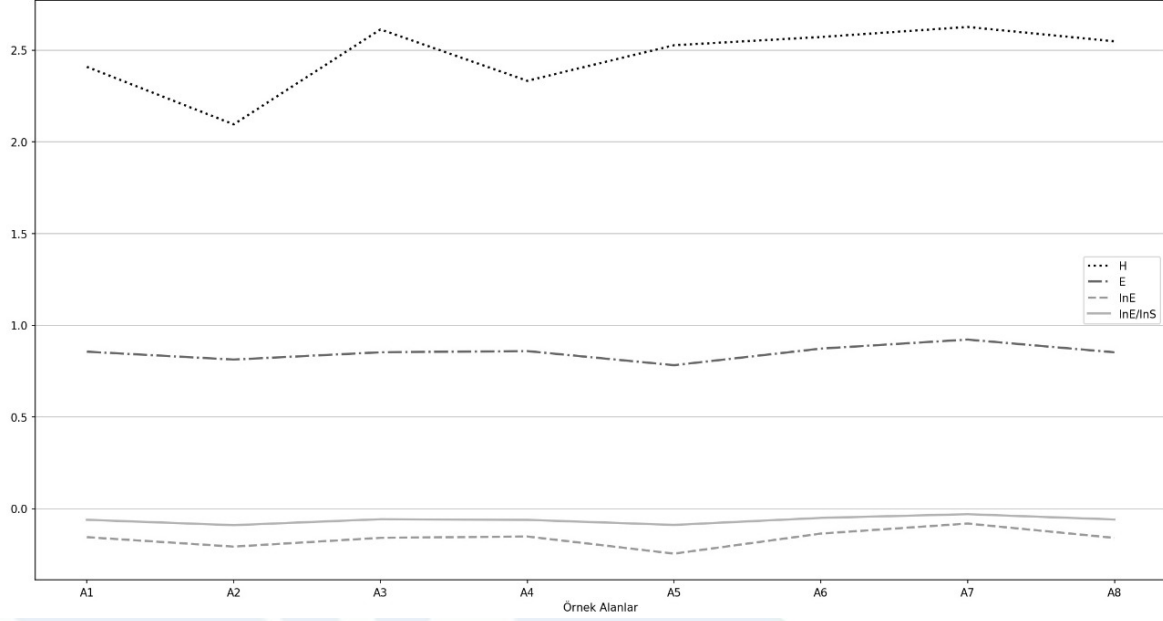
SHE analizi sonucunda elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 37’de verilmiştir.

1 Sonuç Ekranı

Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
H	2.40972	2.09593	2.61372	2.40426	2.52752	2.57239	2.62713	2.54884
E	0.85622	0.8133	0.85311	0.85155	0.78265	0.87314	0.92226	0.85281
lnE	-0.15523	-0.20666	-0.15886	-0.16069	-0.24507	-0.13566	-0.08092	-0.15921
lnE/lnS	-0.06052	-0.08975	-0.0573	-0.06265	-0.08839	-0.0501	-0.02988	-0.05879

Şekil 37. SHE analizi sonuç ekranı

Sonuç ekranında görülen H Shannon-Wiener indeksine göre hesaplanan çeşitlilik değerini, E toplum içerisinde yer alan türlerin dengeli dağılımını ifade eden eşitlik değerlerini ifade etmektedir. Yine burada görüleceği üzere sonuç ekranında $\ln(E)$ ve $\ln(E)/\ln(S)$ elde edilmekte olup, tüm bu değerlerin BİÇEB yazılımı içerisinde grafiksel dökümünün oluşturulması mümkündür (Şekil 38).



Şekil 38. SHE analiz grafiği

Burada bilinmesi gereken önemli notlardan birisi $\ln(S)$ 'in aynı zamanda $H_{\max}$ değerini ifade ettiği hususudur. Ayrıca SHE analiz grafiği oluşturulması esnasında BİÇEB yazılımı içerisinde Font, Grafik Kalitesi ve Çizgi Kalınlığı gibi seçenekler kullanılarak grafiğin ihtiyaç duyulan iyileştirmeleri yapılabilmektedir.

5.2. Beta (β) ve Gama (γ) Çeşitlilik Hesaplamaları

Yazılım içerisinde beta çeşitlilik hesaplamaları, iki toplum ve ikiden fazla toplum (evrensel) için var-yok ve sayılabilen (bolluk) verilerle olmak üzere 4 farklı uygulama şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bunlardan sayılabilen (bolluk) veriler ile evrensel beta çeşitliliği hesaplamaları ise kendi içerisinde yine sırasıyla toplum verilerinin varyansı olarak beta çeşitliliği, Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi, Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ve Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin üssel değerler ile hesaplanması olmak üzere 4 farklı aşamada hesaplanabilmektedir.

5.2.1. Var-Yok verileri ile iki toplum arasında beta çeşitliliğinin hesabı

Toplamlar için yapılan envanter sonucu var-yok şeklinde elde edilen veriler üzerinden iki toplum arasındaki beta çeşitlilik (benzemezlilik) değerlerinin hesabında kullanılan çok sayıda formül (β_{sor} , β_w , β_{-1} , β_c , β_r , β_i , β_e , β_{me} , β_j , β_m , β_{-2} , β_{co} , β_{cc} , β_{-3} , β^* , β_{sim} , β_z) bulunmaktadır. Bu formüller ile beta çeşitliliği için kullanılan örnek var-yok veri matrisi BİÇEB yazılımında çağırılarak uygulaması “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Var Yok Verileri” ve “İki Toplumlu” menüsü ile işleme alınmaktadır (Şekil 39).

Biyolojik Çeşitlilik								
Dosya	Çeşitlilik	Say.Or.Indisler	Tür Bolluk	Beta Çeşitliliği	Yardım			
Satır Sayısı : 20	Sütun Sayısı : 9	Var Yok Verileri		İki Toplumlu				
	OA1	O	Sayılabilen Veriler	Evrensel	OA5	OA6	OA7	OA8
S1	0	0	1	0	0	0	0	1
S2	0	1	1	0	1	0	0	1
S3	1	1	1	0	1	0	1	0
S4	0	1	1	0	1	1	1	0
S5	0	1	0	0	0	1	0	1
S6	1	1	1	1	1	1	0	1
S7	0	0	1	0	0	0	0	0
S8	0	1	0	0	0	0	0	0
S9	1	1	1	1	1	1	0	1
S10	0	1	0	0	1	0	1	0
S11	1	0	1	1	0	1	0	0
S12	0	0	0	1	0	0	0	1
S13	1	0	1	0	0	1	0	1
S14	0	0	0	0	0	0	1	0
S15	1	0	1	1	0	1	0	1
S16	1	0	0	1	0	0	0	0
S17	1	0	0	0	0	0	0	0
S18	1	0	1	1	0	1	0	0
S19	1	0	0	0	1	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	1

Şekil 39. Var-yok verileri ile iki toplum arasında beta çeşitliliği hesaplama menüsü

Gerçekleştirilen bu işlem neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 40’da verilmiştir.

Sonuçlar	β_{sor}	β_w	$\beta-1$	β_c	β_r	β_l	β_e	β_{me}	β_j	β_m	$\beta-2$	β_{co}	β_{cc}	$\beta-3$	β^*	β_{sim}	β_z
OA1-OA2	0.66667	1.66667	0.66667	6.0	1.45161	0.198	0.21896	0.66667	0.8	14.4	0.5	0.6625	0.8	0.33333	0.34286	0.625	0.73697
OA1-OA3	0.33333	1.33333	0.33333	3.5	1.13953	0.09985	0.10501	0.33333	0.5	10.5	0.27273	0.33182	0.5	0.21429	0.14286	0.3	0.41504
OA1-OA4	0.29412	1.29412	0.29412	2.5	1.0708	0.08174	0.08517	0.29412	0.45455	7.72727	0.1	0.27143	0.45455	0.09091	0.09091	0.14286	0.37197
OA1-OA5	0.52941	1.52941	0.52941	4.5	1.27068	0.15257	0.16483	0.52941	0.69231	11.76923	0.3	0.51429	0.69231	0.23077	0.24359	0.42857	0.61298
OA1-OA6	0.33333	1.33333	0.33333	3.0	1.125	0.09766	0.10258	0.33333	0.5	9.0	0.2	0.325	0.5	0.16667	0.13636	0.25	0.41504
OA1-OA7	0.85714	1.85714	0.85714	6.0	1.46957	0.21682	0.24212	0.85714	0.92308	12.92308	0.3	0.825	0.92308	0.23077	0.35897	0.75	0.89308
OA1-OA8	0.57895	1.57895	0.57895	5.5	1.36364	0.17368	0.18967	0.57895	0.73333	13.93333	0.5	0.57778	0.73333	0.33333	0.29524	0.55556	0.65896
OA2-OA3	0.47368	1.47368	0.47368	4.5	1.225	0.13716	0.14701	0.47368	0.64286	12.21429	0.27273	0.46023	0.64286	0.21429	0.20879	0.375	0.55943
OA2-OA4	0.73333	1.73333	0.73333	5.5	1.55046	0.21979	0.24581	0.73333	0.84615	12.69231	0.625	0.73214	0.84615	0.38462	0.39744	0.71429	0.79355
OA2-OA5	0.2	1.2	0.2	1.5	1.05195	0.05924	0.06103	0.2	0.33333	5.0	0.125	0.19643	0.33333	0.11111	0.08333	0.14286	0.26303
OA2-OA6	0.5	1.5	0.5	4.0	1.28571	0.15051	0.16243	0.5	0.66667	10.66667	0.5	0.5	0.66667	0.33333	0.25758	0.5	0.58496
OA2-OA7	0.5	1.5	0.5	3.0	1.14085	0.12592	0.13419	0.5	0.66667	8.0	0.125	0.4375	0.66667	0.11111	0.16667	0.25	0.58496
OA2-OA8	0.52941	1.52941	0.52941	4.5	1.31008	0.15862	0.17189	0.52941	0.69231	11.76923	0.44444	0.52778	0.69231	0.30769	0.26923	0.5	0.61298
OA3-OA4	0.44444	1.44444	0.44444	4.0	1.16552	0.12298	0.13086	0.44444	0.61538	11.07692	0.18182	0.41558	0.61538	0.15385	0.16667	0.28571	0.53051
OA3-OA5	0.44444	1.44444	0.44444	4.0	1.16552	0.12298	0.13086	0.44444	0.61538	11.07692	0.18182	0.41558	0.61538	0.15385	0.16667	0.28571	0.53051
OA3-OA6	0.26316	1.26316	0.26316	2.5	1.05882	0.07378	0.07657	0.26316	0.41667	7.91667	0.09091	0.24432	0.41667	0.08333	0.07576	0.125	0.33703
OA3-OA7	0.73333	1.73333	0.73333	5.5	1.27068	0.17158	0.18718	0.73333	0.84615	12.69231	0.18182	0.65909	0.84615	0.15385	0.24359	0.5	0.79355
OA3-OA8	0.4	1.4	0.4	4.0	1.18072	0.11824	0.12551	0.4	0.57143	11.42857	0.27273	0.39394	0.57143	0.21429	0.17582	0.33333	0.48543
OA4-OA5	0.71429	1.71429	0.71429	5.0	1.53191	0.21502	0.23989	0.71429	0.83333	11.66667	0.71429	0.71429	0.83333	0.41667	0.39394	0.71429	0.77761
OA4-OA6	0.33333	1.33333	0.33333	2.5	1.13636	0.09938	0.10448	0.33333	0.5	7.5	0.25	0.33036	0.5	0.2	0.15556	0.28571	0.41504
OA4-OA7	1.0	2.0	1.0	5.5	1.86154	0.28467	0.32933	1.0	1.0	11.0	0.57143	1.0	1.0	0.36364	0.52727	1.0	1.0
OA4-OA8	0.5	1.5	0.5	4.0	1.26316	0.14711	0.15849	0.5	0.66667	10.66667	0.33333	0.49206	0.66667	0.25	0.24242	0.42857	0.58496
OA5-OA6	0.6	1.6	0.6	4.5	1.38462	0.17965	0.1968	0.6	0.75	11.25	0.5	0.59821	0.75	0.33333	0.31818	0.57143	0.67807
OA5-OA7	0.45455	1.45455	0.45455	2.5	1.14286	0.12047	0.12803	0.45455	0.625	6.875	0.14286	0.41071	0.625	0.125	0.17857	0.25	0.54057
OA5-OA8	0.625	1.625	0.625	5.0	1.39669	0.18474	0.20291	0.625	0.76923	12.30769	0.44444	0.61905	0.76923	0.30769	0.32051	0.57143	0.70044
OA6-OA7	0.83333	1.83333	0.83333	5.0	1.53165	0.22626	0.25391	0.83333	0.90909	10.90909	0.375	0.8125	0.90909	0.27273	0.4	0.75	0.87447
OA6-OA8	0.41176	1.41176	0.41176	3.5	1.2	0.1232	0.13111	0.41176	0.58333	9.91667	0.33333	0.40972	0.58333	0.25	0.19697	0.375	0.4975
OA7-OA8	1.0	2.0	1.0	6.5	1.74227	0.26806	0.30743	1.0	1.0	13.0	0.44444	1.0	1.0	0.30769	0.47436	1.0	1.0

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 40. Var-yok verileri ile iki toplum arasında beta çeşitliliği sonuç ekranı

Sonuç ekranında görüldüğü üzere bu bölümde kullanımı alternatif olarak mümkün olan 17 farklı indise ait beta çeşitlilik sonuçlarının tümü bir arada sunulmaktadır.

5.2.2. Var-Yok verileri ile evrensel beta çeşitliliğinin hesabı

Toplamlar için yapılan envanter sonucu var-yok şeklinde elde edilen veriler üzerinden ikiden fazla toplum arasındaki evrensel beta çeşitlilik (benzemezlilik) değerlerinin hesabı aşamasında, BİÇEB yazılımında 6 farklı alternatif indis ile (β_w , β_c , β_r , β_l , β_e , β_t) hesap yapılabilmektedir. Bu amaçla yine örnek var-yok veri matrisi BİÇEB yazılımında çağırılarak uygulaması “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Var Yok Verileri” ve “Evrensel” menüsü ile işleme alınır (Şekil 41).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Sayı.Or.Indisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 5

Var Yok Verileri İki Toplumlu

Sayılabilen Veriler Evrensel

	O1A	O		
S1	0	0	0	0
S2	0	0	0	0
S3	0	1	1	1
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	1	1	1	1
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	1	1	1	1
S10	0	0	0	0
S11	1	1	1	1
S12	0	0	0	0
S13	1	1	1	1
S14	0	0	0	0
S15	1	1	1	1
S16	1	1	1	1
S17	0	1	1	0
S18	0	1	0	0
S19	0	1	0	0
S20	0	0	0	0

Şekil 41. Var-yok verileri ile evrensel beta çeşitliliği hesaplama menüsü

Bu işlem sonucunda ikiden fazla toplum için elde edilen evrensel beta çeşitlilik değerlerine ilişkin 6 farklı indise ait sonuçların gösterimi ise Şekil 42’de görüldüğü gibi olmaktadır. Ayrıca Şekil 42’de görüleceği üzere β_w hesabının dayandığı alfa ortalama (α_{ort}) ve gama (γ) çeşitlilik değerleri de çıktılarda yer almaktadır.

Sonuç Ekranı

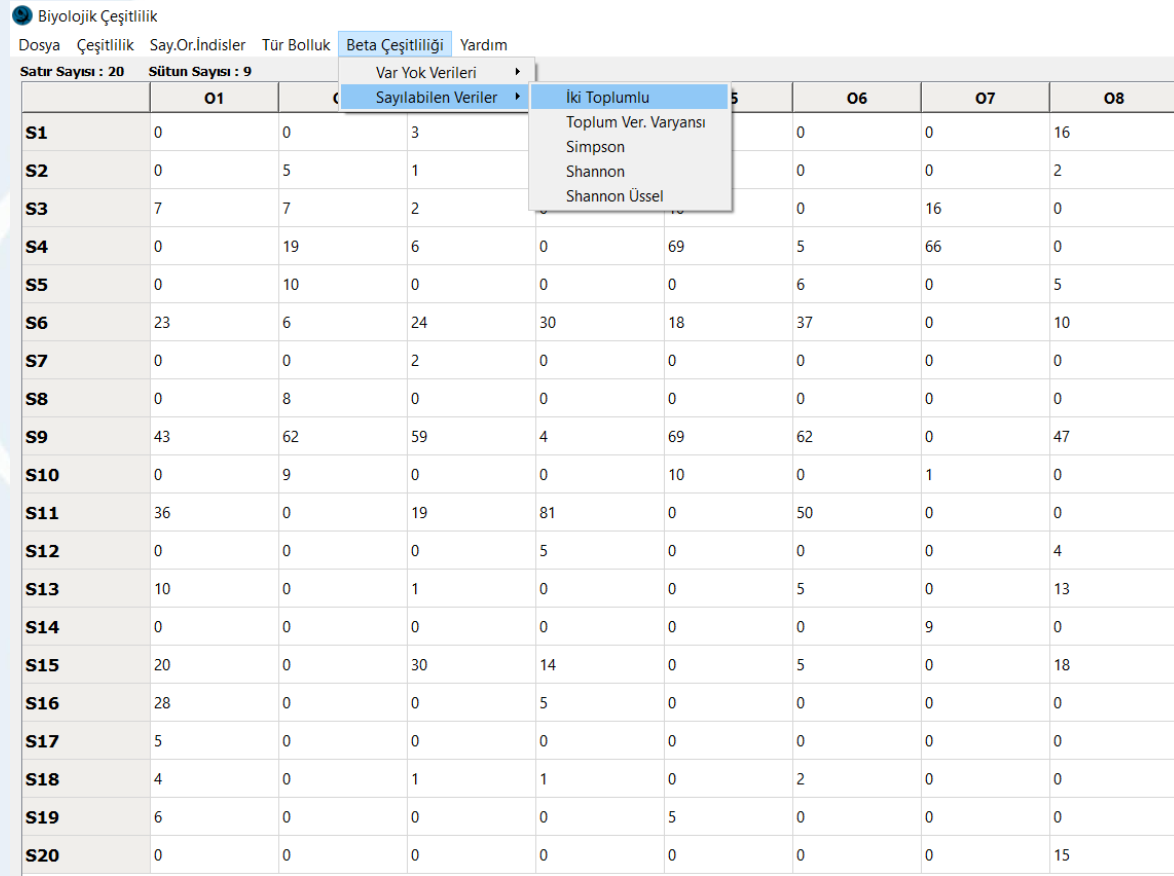
Sonuçlar	β_w	β_c	β_R	β_I	β_E	β_T
Evrensel Beta	0.29032	3.5	0.0101	0.1441	0.155	0.45161
α_{ort}	7.75					
γ	10.0					

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 42. Var-yok verileri ile evrensel beta çeşitliliği sonuç ekranı

5.2.3. Sayılabilen veriler ile iki toplum arasında beta çeşitliliğinin hesabı

Yine toplumlar için yapılan envanter sonucu elde edilen sayılabilen (bolluk) veriler üzerinden iki toplum arasındaki beta çeşitlilik (benzemezlilik) değerlerinin hesabında kullanılan BİÇEB yazılımı içerisinde 6 farklı indis (Bray-Curtis, Kulczynski, Öklit Mesafesi, Khi-Kare, Hellinger, Morista-Horn) bulunmaktadır. Bu indisler ile iki toplum arası beta çeşitliliğinin hesabı için “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Sayılabilen Veriler” ve “İki Toplumlu” menüleri ile işlem gerçekleştirilmektedir (Şekil 43).



The screenshot shows the BİÇEB software interface. The top menu bar includes 'Dosya', 'Çeşitlilik', 'Say.Or.Indisler', 'Tür Bolluk', 'Beta Çeşitliliği', and 'Yardım'. The 'Beta Çeşitliliği' menu is open, showing 'Sayılabilen Veriler' and 'İki Toplumlu' options. The 'İki Toplumlu' option is selected, and a sub-menu is visible with options: 'Toplum Ver. Varyansı', 'Simpson', 'Shannon', and 'Shannon Üssel'. The main data table has 20 rows (S1 to S20) and 9 columns (O1 to O8). The data is as follows:

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
S1	0	0	3			0	0	16
S2	0	5	1			0	0	2
S3	7	7	2			0	16	0
S4	0	19	6	0	69	5	66	0
S5	0	10	0	0	0	6	0	5
S6	23	6	24	30	18	37	0	10
S7	0	0	2	0	0	0	0	0
S8	0	8	0	0	0	0	0	0
S9	43	62	59	4	69	62	0	47
S10	0	9	0	0	10	0	1	0
S11	36	0	19	81	0	50	0	0
S12	0	0	0	5	0	0	0	4
S13	10	0	1	0	0	5	0	13
S14	0	0	0	0	0	0	9	0
S15	20	0	30	14	0	5	0	18
S16	28	0	0	5	0	0	0	0
S17	5	0	0	0	0	0	0	0
S18	4	0	1	1	0	2	0	0
S19	6	0	0	0	5	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	15

Şekil 43. Sayılabilen veriler ile iki toplum arasında beta çeşitliliği hesaplama menüsü

İşlem neticesinde elde edilen sonuç ekranı ise Şekil 44’te görülmektedir.

Sonuçlar	Bray-Curtis	Kulczynski	Öklit Mesafesi	Ki Kare	Hellinger	Morista-Horn
01-02	0.63636	0.62393	62.75349	1.50572	1.03464	0.4354
01-03	0.33939	0.33231	40.69398	0.92584	0.61171	0.18066
01-04	0.48447	0.47555	66.36264	1.11674	0.66858	0.39765
01-05	0.62755	0.62564	95.04736	1.49315	1.04546	0.54566
01-06	0.35593	0.35542	44.29447	0.93372	0.6181	0.16334
01-07	0.94891	0.94273	97.74457	2.03137	1.35515	0.98111
01-08	0.48077	0.46593	54.12947	1.30276	0.90737	0.33877
02-03	0.45985	0.45635	45.43127	1.24203	0.83338	0.20756
02-04	0.92481	0.9246	106.90182	1.86585	1.24933	0.92878
02-05	0.35714	0.31429	58.88973	0.85766	0.50527	0.15149
02-06	0.4698	0.45686	62.8172	1.27505	0.84712	0.2941
02-07	0.75229	0.74612	80.64738	1.58665	1.04397	0.71819
02-08	0.53125	0.53114	42.66146	1.34054	0.93567	0.23484
03-04	0.56944	0.56911	85.24084	1.27965	0.75499	0.55981
03-05	0.51955	0.5047	79.71198	1.31801	0.83529	0.35151
03-06	0.2875	0.28347	42.84857	0.79441	0.4626	0.12442
03-07	0.93333	0.92949	95.97916	1.92033	1.24979	0.92141
03-08	0.42446	0.42204	38.34058	1.09392	0.71415	0.1501
04-05	0.87429	0.86905	130.39939	1.84962	1.23902	0.91347
04-06	0.42308	0.41694	67.7643	1.06336	0.64912	0.309
04-07	1.0	1.0	111.43608	2.04423	1.41421	1.0
04-08	0.76296	0.76264	97.63196	1.65553	1.1128	0.85869
05-06	0.55497	0.55053	90.34379	1.38857	0.91905	0.42806
05-07	0.49007	0.39819	78.47293	1.30778	0.89526	0.39026
05-08	0.65294	0.6326	85.3112	1.52394	1.02766	0.4261
06-07	0.96212	0.95829	108.91281	2.01567	1.30812	0.94909
06-08	0.52318	0.51377	64.94613	1.26793	0.84424	0.32769
07-08	1.0	1.0	89.56562	2.02996	1.41421	1.0

Kopyala

Excel'e Aktar

Şekil 44. Sayılabilen veriler ile iki toplum arasında beta çeşitliliği sonuç ekranı

5.2.4. Sayılabilen veriler ile evrensel beta çeşitliliğinin hesabı

5.2.4.1. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği

Toplamlar için yapılan envanter sonucu elde edilen sayılabilen (bolluk) veriler üzerinden toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitlilik (benzemezlik) değerlerinin hesabı için ikiden fazla alt örnek alan içeren örnek veri matrisi BİÇEB yazılımında çağırılarak

uygulaması “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Sayılabilen Veriler” ve “Toplum Ver. Varyansı” butonları ile işleme alınmaktadır (Şekil 45).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk **Beta Çeşitliliği** Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 5

Var Yok Verileri ▶

Sayılabilen Veriler ▶

İki Toplumlu

Toplum Ver. Varyansı

Simpson

Shannon

Shannon Üssel

	O1A	O		
S1	0	0	0	
S2	0	0	0	
S3	0	2	3	
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	8	5	2	8
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	12	13	15	3
S10	0	0	0	0
S11	8	4	8	16
S12	0	0	0	0
S13	4	1	2	3
S14	0	0	0	0
S15	2	5	6	7
S16	14	3	1	10
S17	0	3	2	0
S18	0	4	0	0
S19	0	6	0	0
S20	0	0	0	0

Şekil 45. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği hesaplama menüsü

Bu işlem sonucunda elde edilen sonuç ekranı Şekil 46’da verilmiştir. Burada belirtmekte fayda vardır ki, toplum çeşitliliğinin varyansı olarak beta çeşitliliği hesabı gama çeşitliliği hesabına bağlı değildir. Dolayısıyla işlem çıktılarında gama çeşitliliğine yönelik bir çıktı bulunmamaktadır.

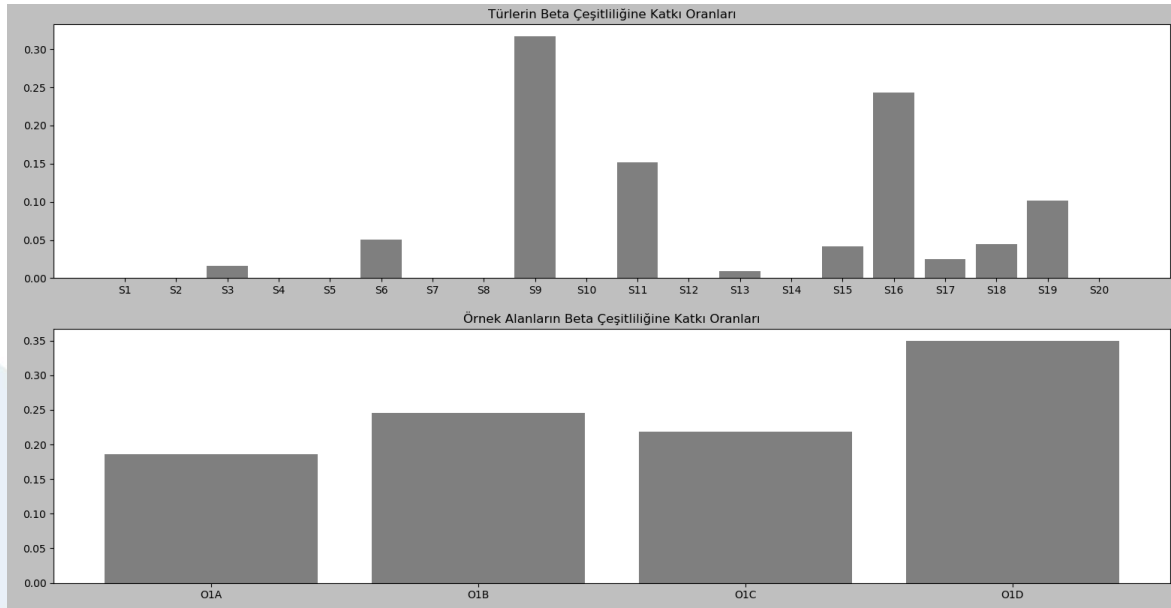
Sonuç Ekranı

Sonuçlar	SStoplamlar	β toplamlar
Toplum Verilerinin Varyansı	0.86027	0.28676

Kopyala Excel'e Aktar Grafik Çiz Font Seçiniz MS Shell Dlg 2 Font Büyüklüğü 10 Grafik Kalitesi(dpi) 150 Çizgi Kalınlığı 10

Şekil 46. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği sonuç ekranı

Sonuç ekranında yer alan Beta Toplam değeri örnek toplumdan elde edilen evrensel beta çeşitlilik değeri ($\beta_{\text{toplamlar}}$)'dir. $SS_{\text{toplamlar}}$ ise $\beta_{\text{toplamlar}} = SS_{\text{toplamlar}}/(n-1)$ formülünde yer alan toplam dağılıma ($SS_{\text{toplamlar}}$) değeridir. Ayrıca sonuç ekranının altında yer alan Grafik Çiz menüsü ile BİÇEB yazılımı içerisinde $SS_{\text{toplamlar}}$ ve $\beta_{\text{toplamlar}}$ değerleri kullanılarak türlerin ve örnek alanların toplam beta çeşitliliğine olan katkı oranlarına ilişkin grafiklerin elde edilmesi mümkündür (Şekil 47). Ayrıca bu grafik üzerinde yine Font, Grafik Kalitesi, Çizgi Kalınlığı gibi opsiyonlar ile ihtiyaç duyulan iyileştirme ve değişikliklerin yapılması mümkündür.



Şekil 47. Toplum verilerinin varyansı olarak evrensel beta çeşitliliği hesabında türlerin ve örnek alanların toplam çeşitliliğe katkı oranları grafiği

5.2.4.2. Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesaplanması

Yine sayılabilen (bolluk) veriler üzerinden Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) toplumlar arası varyans ifadesi ile hesabı için 2’den fazla alt örnek alan içeren veri matrisi BİÇEB yazılımında “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Sayılabilen Veriler” ve “Simpson” menüleri ile işleme alınmaktadır (Şekil 48).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 5 Var Yok Verileri

Sayılabilen Veriler

İki Toplumlu
Toplum Ver. Varyansı
Simpson
Shannon
Shannon Üssel

	O1A	O		
S1	0	0	0	
S2	0	0	0	
S3	0	2	3	
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	8	5	2	8
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	12	13	15	3
S10	0	0	0	0
S11	8	4	8	16
S12	0	0	0	0
S13	4	1	2	3
S14	0	0	0	0
S15	2	5	6	7
S16	14	3	1	10
S17	0	3	2	0
S18	0	4	0	0
S19	0	6	0	0
S20	0	0	0	0

Şekil 48. Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesaplama menüsü

İşlem sonucunda elde edilen sonuç ekranı Şekil 49’da verilmiştir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	DT	Diç	d2
Simpson	0.84566	0.80226	0.0434

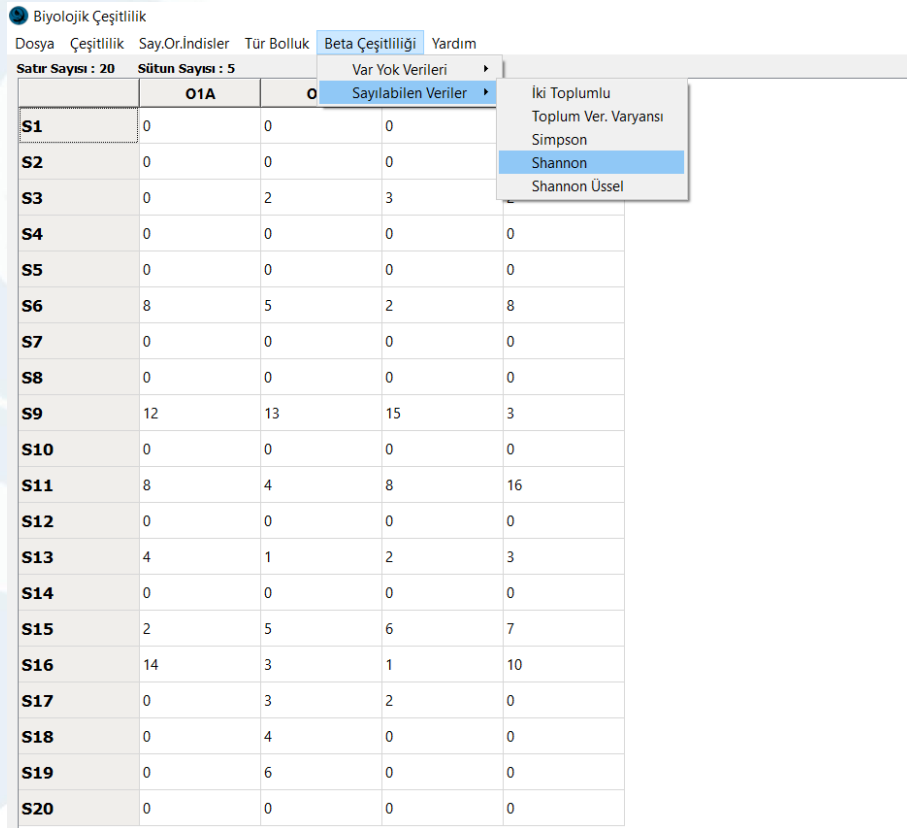
Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 49. Simpson indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası varyans ifadesi ile hesabına ait sonuç ekranı

Sonuç ekranında yer alan DT gama çeşitlilik değerini ifade etmekten, Diğ alt toplumlara ait alfa çeşitlilik değerlerinin ortalamasını, d2 ise toplumlar arası varyans değerini (beta çeşitlilik değerini) ifade etmektedir.

5.2.4.3. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesaplanması

Sayılabilen (bolluk) veriler üzerinden Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesabı için yine ikiden fazla alt örnek alan içeren örnek veri matrisi BiÇEB yazılımında “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Sayılabilen Veriler” ve “Shannon” menüleri ile işleme alınmaktadır (Şekil 50).



The screenshot shows the BiÇEB software interface. The 'Beta Çeşitliliği' menu is open, showing options: 'İki Toplumlu', 'Toplum Ver. Varyansı', 'Simpson', 'Shannon', and 'Shannon Üssel'. The 'Shannon' option is selected. The background shows a data matrix with 20 rows (S1 to S20) and 5 columns (O1A, O, and three unlabeled columns). The 'Sayılabilen Veriler' menu is also visible.

	O1A	O		
S1	0	0	0	
S2	0	0	0	
S3	0	2	3	
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	8	5	2	8
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	12	13	15	3
S10	0	0	0	0
S11	8	4	8	16
S12	0	0	0	0
S13	4	1	2	3
S14	0	0	0	0
S15	2	5	6	7
S16	14	3	1	10
S17	0	3	2	0
S18	0	4	0	0
S19	0	6	0	0
S20	0	0	0	0

Şekil 50. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesaplama menüsü

Buradaki işlem süreci sonucunda oluşan sonuç ekranı ise Şekil 51’de verilmiştir. Sonuç ekranında Hara beta çeşitliliğini ifade ederken, H_y gama çeşitliliğini ve H_{ort} alt toplumların veya örnek alanların alfa çeşitlilik değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

Sonuç Ekranı

Sonuçlar	Hara	Hy	Hæort
Shannon	0.23	2.03332	1.80332

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 51. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası bilgi çeşitliliği ifadesi ile hesabına ait sonuç ekranı

5.2.4.4. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin üssel değerler ile hesaplanması

BİÇEB yazılımında sayılabilen (bolluk) veriler üzerinden Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin (benzemezliğin) toplumlar arası üssel değerler ifadesi ile hesabı “Beta Çeşitliliği” sekmesi altında yer alan “Sayılabilen Veriler” ve “Shannon Üssel” menüleri ile işleme alınmaktadır (Şekil 52).

Biyolojik Çeşitlilik

Dosya Çeşitlilik Say.Or.İndisler Tür Bolluk Beta Çeşitliliği Yardım

Satır Sayısı : 20 Sütun Sayısı : 5 Var Yok Verileri Sayılabilen Veriler İki Toplumlu Toplum Ver. Varyansı Simpson Shannon Shannon Üssel

	O1A	O		
S1	0	0	0	
S2	0	0	0	
S3	0	2	3	
S4	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S6	8	5	2	8
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0
S9	12	13	15	3
S10	0	0	0	0
S11	8	4	8	16
S12	0	0	0	0
S13	4	1	2	3
S14	0	0	0	0
S15	2	5	6	7
S16	14	3	1	10
S17	0	3	2	0
S18	0	4	0	0
S19	0	6	0	0
S20	0	0	0	0

Şekil 52. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası üssel değerler ifadesi ile hesaplama menüsü

Hesaplama neticesinde oluşan sonuç ekranı ise Şekil 53'te görüldüğü gibi olmaktadır. Sonuç ekranında β Shannon beta çeşitliliğini, γ Shannon gama çeşitliliğini ve α ortShannon ise alfa çeşitlilik değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

Sonuç Ekranı

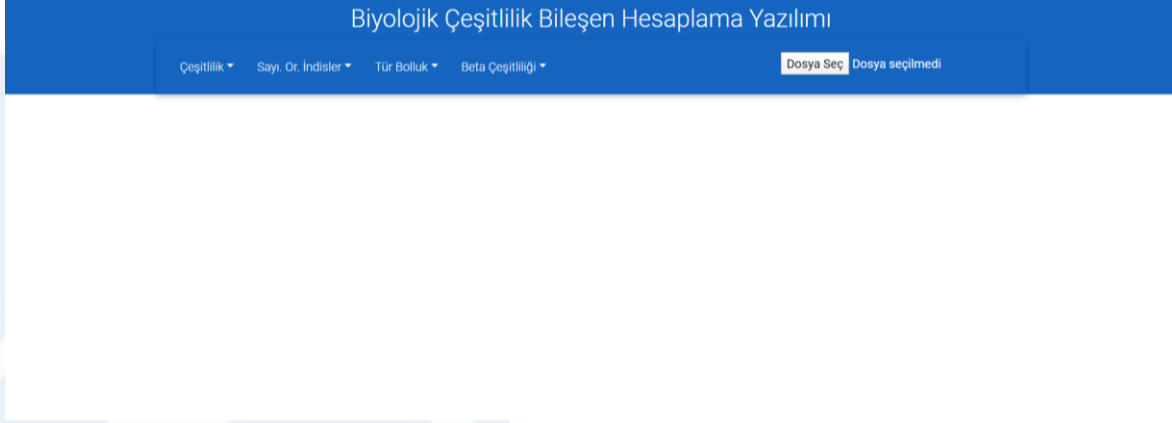
Sonuçlar	β Shannon	γ Shannon	α ortShannon
Shannon	1.23762	7.63941	6.17267

Kopyala Excel'e Aktar

Şekil 53. Shannon indisi ile evrensel beta çeşitliliğinin toplumlar arası üssel değerler ifadesi ile hesabına ait sonuç ekranı

6. BİÇEB WEB UYGULAMASI

BİÇEB yazılımının web uygulamasına yine <http://kantitatifekoloji.net/biceb> adresinden ulaşılabilir. Sayfa ilk açıldığında Şekil 54'te görülen karşılama ekranına ulaşılmaktadır.



Şekil 54. BİÇEB yazılımı web uygulamasına ait karşılama ekranı

Bu aşamadan sonra kullanıcı sayfada yer alan Browse butonuna tıklayarak analiz etmek istediği dosyayı uygulamaya yüklemektedir. Yükleme sonucunda elde edilen örnek sayfa görünümü Şekil 55'te verilmiştir.

Örnekler: 0	DA1	DA2	DA3	DA4	DA5	DA6	DA7	DA8	DA9
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 55. BİÇEB yazılımı web uygulaması üzerinde veri görüntüsü

Dosya yükleme işleminden sonra kullanıcı menü seçeneklerini kullanarak yukarıda belirtilen Windows uygulamasındaki tüm analizleri web uygulaması üzerinden yapabilmektedir. Örneğin “Tür Zenginliği Hesapla” seçeneği kullanıldığında elde edilen sonuç ekranı Şekil 56’da verildiği gibi olmaktadır.

Biyolojik Çeşitlilik Bileşen Hesaplama Yazılımı								
Çeşitlilik ▾		Sayı Or. İndisler ▾	Tür Bolluk ▾	Beta Çeşitliliği ▾		Dosya Seç Alfa_Bolluk.xlsx		
Sonuçlar	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8
0 Tür Zenginliği (S)	13	10	16	13	16	15	15	15
1 Toplam Birey Sayısı (N)	139	36	153	140	137	170	170	151

Şekil 56. BİÇEB yazılımı web uygulaması üzerinde örnek analiz sonuç görüntüsü

Sonuç olarak masaüstü uygulamasındaki tüm analizler yine web uygulaması yardımı ile aynı seçenekler üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Yazılımın Web uygulaması üzerinde büyük verilerin analiz edilmesi esnasında alt yapı kaynak kullanımının kısıtlı olması sebebiyle analizler çok uzun sürebilmektedir. Bu nedenle büyük verilerin analiz edilmesi ve grafiklerin oluşturulması sırasında yazılımın masaüstü uygulaması kullanılmalıdır.

7. 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" *Ecological Diversity In Theory And Practice*. Editör: J. F. Grassle, G. P. Patil, W. Smith and C. Taille. International Cooperative Publishing House, Fairland, MD.
- 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.
- Brower, J. E., Zar, J. H., Von Ende, C. N. 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology* (4. Basım). New York: McGraw-Hill Education.
- Clifford, H. T., Stephenson, W. 1975. *An Introduction to Numerical Classification* (1. Basım). London: Academic Press.
- Cody, M. L. 1975. "Towards a theory of continental species diversities: bird distributions over Mediterranean habitat gradients". *Ecology and Evolution of Communities*. Editör: Cody, M., Diamond J. Cambridge: Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press.
- Cody, M. L. 1993. "Bird diversity components within and between habitats in Australia". *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives*. Editör: Ricklefs, R. E., Schluter, D. Chicago: University of Chicago Press.
- 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.
- Çevre Bakanlığı, 2001. "Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı", Ankara: Çevre Bakanlığı. Son erişim tarihi: 20 Ocak 2020.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007. "Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı", Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. <http://www.nuhungemisi.gov.tr/Content/Documents/ubsep-turkce.pdf>. Son erişim tarihi: 20 Ocak 2020.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's services* (1. Basım). Washington DC: Island Press.
- Dice, L. R. 1945. "Measures of the amount of ecological association between species", *Ecology*, 26, 297-302.

- Fager, E. W. 1972. "Diversity: a sampling study", *The American Naturalist*, 106(949), 293-310.
- Harrison, S., Ross, S. J., Lawton, J.H. 1992. "Beta diversity on geographic gradients in Britain", *Journal of Animal Ecology*, 61, 151–158.
- Harte, J., Kinzig, A. P. 1997. "On the implications of species-area relationships for endemism, spatial turnover, and food web patterns", *Oikos*, 80, 417-427.
- Heip, C., Engels, P. 1974. "Comparing species diversity and evenness indices", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 54(3), 559-563.
- Heltshe, J. F., Bitz, D.W. 1979. Comparing diversity measures in sampled communities. In *Ecological Diversity in Theory and Practice*. Editor: Grassle, J. F., Patil, G. P., Smith, W., Taille C. Fairland, Maryland: International Cooperative Publishing House.
- Hutcheson, K. 1970. "A test for comparing diversities based on the Shannon formula", *Journal of Theoretical Biology*, 29(1), 151-154.
- Hurlbert, S. H. 1971. "The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters", *Ecology*, 52(4), 577-586.
- Huston, M. A. 1994. *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes* (1. Basım). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaccard, P. 1912. "The distribution of the flora in the alpine zone", *New Phytologist*, 11, 37-50.
- Jost, L. 2007. "Partitioning diversity into independent alpha and beta components", *Ecology*, 88(10), 2427-2439.
- Kan, W., Chaoran, C., Huaiwei, F., 2018. The Forest Area of The World is Shrinking Day by Day. *International Journal of Education and Management*, 3(4), 104-106.
- 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.

- Lennon, J. J., Koleff, P., Greenwood, J. J. D., Gaston, K. J. 2001. "The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale", *Journal of Animal Ecology*, 70, 966-979.
- 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* (1. Basım). New Jersey: Princeton University Press.
- Matplotlib, 2020. "Matplotlib version 3.1.2.". <https://matplotlib.org/>, Son 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.
- Mourelle, C., Ezcurra, E. 1997. "Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors", *Journal of Vegetation Science*, 8, 547-558.
- NumPy, 2020. "The fundamental package for scientific computing with Python". <https://numpy.org/index.html>, Son Erişim: 21.01.2020.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2011. "Ulusal Biyolojik Çeşitlilik İzleme Raporu" http://www.dkm.org.tr/Dosyalar/YayinDosya_pMbG8ME5.pdf, Son erişim tarihi: 25 Ocak 2020.
- Özkan, K. 2016. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β ve γ) Nasıl Ölçülür* (1. Basım). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Peet, R. K. 1974. "The measurement of species diversity", *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 285-307.
- Pielou, E. C. 1966. "The measurement of diversity in different types of biological collections", *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.
- Pielou, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology* (2. Basım). New York: Wiley-Interscience.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity* (1. Basım). New York: Wiley-Interscience.
- Pielou, E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data* (1. Basım). New York: Wiley-Interscience.
- Pillow, 2020. *The Python Imaging Library by Fredrik Lundh and Contributors*. <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>, Son Erişim: 21.01.2020.
- Python Bindings For The Qt Cross Platform Application Toolkit, 2020. PyQt5 5.14.1. <https://pypi.org/project/PyQt5/>, Son 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/>, Son Erişim: 21.01.2020.

Poole, R. W. 1974. *An Introduction to Quantitative Ecology* (1. Basım). Tokyo: McGraw-Hill Education.

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>, Son Erişim: 21.01.2020.

Shannon, C. E. 1948. "A mathematical theory of communication", *Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.

Simberloff, D. 1972. "Properties of the rarefaction diversity measurement", *The American Naturalist*, 106(949), 414-418.

Simpson, E. H. 1949. "Measurement of diversity", *Nature*, 163: 688.

Simpson, G. G. 1943. "Mammals and the nature of continents", *American Journal of Science*, 241, 1-31.

Southwood, T. R. E., Henderson, P. A. 2000. *Ecological Methods* (3. Basım). Oxford: Blackwell Science.

Sørensen, T. A. 1948. "A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons", *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*, 5, 1-34.

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/>, Son Erişim: 21.01.2020.

XlsxWriter, 2020. Creating Excel files with Python and XlsxWriter. <https://xlsxwriter.readthedocs.io/>, Son Erişim: 21.01.2020.

Whittaker, R. H. 1960. "Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California", Ecological Monographs, 30, 279-338.

Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems (2. Basım). New York: Macmillan.

Whittaker, R. H. 1977. "Evolution of species diversity in land communities", Evolutionary Biology, 10, 1-67.

Williams, P. H. 1996. "Mapping variations in the strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover", Proceedings of the Royal Society, London B, 263, 579-588.

Williams, P. H., de Klerk, H. M. Crowe, T. M. 1999. "Interpreting biogeographical boundaries among Afrotropical birds: spatial patterns in richness gradients and species replacement", Journal of Biogeography, 26, 459-474.

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.

Ek Tablo 1. Yardımcı kestirim fonksiyon (θ) değerleri

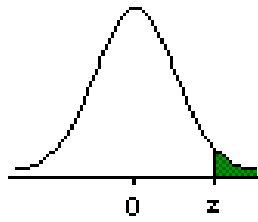
α	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	A
0.05	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002	0.05
0.06	0.00002	0.00003	0.00003	0.00003	0.00004	0.00004	0.00005	0.00006	0.00007	0.00007	0.06
0.07	0.00008	0.00009	0.00010	0.00011	0.00013	0.00014	0.00016	0.00017	0.00019	0.00020	0.07
0.08	0.00022	0.00024	0.00026	0.00028	0.00031	0.00033	0.00036	0.00039	0.00042	0.00045	0.08
0.09	0.00048	0.00051	0.00055	0.00059	0.00062	0.00067	0.00071	0.00075	0.00080	0.00085	0.09
0.10	0.00090	0.00095	0.00101	0.00106	0.00112	0.00118	0.00125	0.00131	0.00138	0.00145	0.10
0.11	0.00153	0.00160	0.00168	0.00176	0.00184	0.00193	0.00202	0.00211	0.00220	0.00230	0.11
0.12	0.00240	0.00250	0.00261	0.00271	0.00283	0.00294	0.00305	0.00317	0.00330	0.00342	0.12
0.13	0.00355	0.00369	0.00382	0.00396	0.00410	0.00425	0.00440	0.00455	0.00470	0.00486	0.13
0.14	0.00503	0.00519	0.00536	0.00553	0.00571	0.00589	0.00608	0.00628	0.00646	0.00665	0.14
0.15	0.00685	0.00705	0.00726	0.00747	0.00769	0.00790	0.00813	0.00835	0.00859	0.00882	0.15
0.16	0.00906	0.00930	0.00955	0.00980	0.01006	0.01032	0.01058	0.01085	0.01112	0.01140	0.16
0.17	0.01168	0.01197	0.01226	0.01256	0.01286	0.01316	0.01347	0.01378	0.01410	0.01443	0.17
0.18	0.01475	0.01509	0.01542	0.01577	0.01611	0.01647	0.01682	0.01718	0.01755	0.01792	0.18
0.19	0.01830	0.01868	0.01907	0.01946	0.01986	0.02026	0.02067	0.02108	0.02150	0.02193	0.19
0.20	0.02236	0.02279	0.02323	0.02367	0.02413	0.02458	0.02504	0.02551	0.02599	0.02647	0.20
0.21	0.02695	0.02744	0.02793	0.02844	0.02894	0.02946	0.02998	0.03050	0.03103	0.03157	0.21
0.22	0.03211	0.03266	0.03322	0.03376	0.03435	0.03492	0.03550	0.03609	0.03668	0.03728	0.22
0.23	0.03788	0.03849	0.03911	0.03973	0.04036	0.04100	0.04164	0.04230	0.04295	0.04362	0.23
0.24	0.04429	0.04496	0.04565	0.04634	0.04703	0.04774	0.04845	0.04917	0.04989	0.05062	0.24
0.25	0.05136	0.05211	0.05286	0.05362	0.05439	0.05516	0.05594	0.05673	0.05753	0.05834	0.25
0.26	0.05915	0.05997	0.06078	0.06163	0.06247	0.06332	0.06417	0.06504	0.06591	0.06679	0.26
0.27	0.06768	0.06857	0.06948	0.07039	0.07131	0.07223	0.07317	0.07411	0.07507	0.07603	0.27
0.28	0.07700	0.07797	0.07895	0.07995	0.08095	0.08196	0.08298	0.08400	0.08504	0.08609	0.28
0.29	0.08714	0.08820	0.08927	0.09035	0.09143	0.09253	0.09364	0.09475	0.09588	0.09701	0.29
0.30	0.09815	0.09930	0.10046	0.10163	0.10281	0.10400	0.10520	0.10640	0.10762	0.10885	0.30
0.31	0.11009	0.11133	0.11258	0.11385	0.11512	0.11641	0.11770	0.11901	0.12032	0.12165	0.31
0.32	0.12208	0.12433	0.12568	0.12704	0.12842	0.12981	0.13120	0.13261	0.13403	0.13546	0.32
0.33	0.13690	0.13834	0.13980	0.14127	0.14276	0.14425	0.14575	0.14727	0.14880	0.15033	0.33
0.34	0.15188	0.15344	0.15501	0.15659	0.15819	0.15979	0.16141	0.16304	0.16468	0.16633	0.34
0.35	0.16800	0.16967	0.17136	0.17306	0.17477	0.17650	0.17823	0.17998	0.18174	0.18352	0.35
0.36	0.18531	0.18710	0.18891	0.19074	0.19257	0.19442	0.19629	0.19816	0.20005	0.20195	0.36
0.37	0.20387	0.20580	0.20774	0.20969	0.21166	0.21364	0.21564	0.21765	0.21967	0.22171	0.37
0.38	0.22376	0.22582	0.22790	0.22999	0.23210	0.23422	0.23636	0.23851	0.24067	0.24285	0.38
0.39	0.24505	0.24725	0.24948	0.25171	0.25397	0.25624	0.25852	0.26082	0.26314	0.26547	0.39
0.40	0.26782	0.27018	0.27255	0.27494	0.27735	0.27978	0.28222	0.28468	0.28715	0.28964	0.40
0.41	0.29215	0.29467	0.29721	0.29976	0.30233	0.30492	0.30753	0.31015	0.31280	0.31546	0.41
0.42	0.31813	0.32082	0.32353	0.32626	0.32901	0.33177	0.33455	0.33736	0.34018	0.34301	0.42
0.43	0.34587	0.34874	0.35163	0.35454	0.35747	0.36042	0.36339	0.36638	0.36939	0.37242	0.43
0.44	0.37546	0.37853	0.38161	0.38471	0.38784	0.39098	0.39415	0.39734	0.40054	0.40377	0.44
0.45	0.40702	0.41029	0.41358	0.41688	0.42022	0.42357	0.42692	0.43028	0.43366	0.43704	0.45
0.46	0.44067	0.44415	0.44765	0.45118	0.45473	0.45831	0.46190	0.46553	0.46917	0.47284	0.46
0.47	0.47653	0.48024	0.48398	0.48774	0.49152	0.49533	0.49916	0.50302	0.50691	0.51082	0.47
0.48	0.51475	0.51870	0.52268	0.52669	0.53072	0.53478	0.53887	0.54298	0.54712	0.55129	0.48
0.49	0.55548	0.55969	0.56393	0.56820	0.57250	0.57682	0.58118	0.58556	0.58997	0.59441	0.49
0.50	0.59888	0.60336	0.60788	0.61243	0.61701	0.62162	0.62626	0.63093	0.63563	0.64036	0.50
0.51	0.64512	0.64990	0.65472	0.65956	0.66444	0.66936	0.67430	0.67928	0.68429	0.68933	0.51
0.52	0.69440	0.69950	0.70463	0.70980	0.71500	0.72023	0.72550	0.73081	0.73615	0.74152	0.52
0.53	0.74693	0.75237	0.75784	0.76334	0.76889	0.77447	0.78009	0.78575	0.79144	0.79717	0.53
0.54	0.80294	0.80873	0.81456	0.82044	0.82635	0.83230	0.83829	0.84433	0.85040	0.85651	0.54
0.55	0.86266	0.86884	0.87507	0.88133	0.88764	0.89399	0.90038	0.90682	0.91330	0.91982	0.55
0.56	0.92638	0.93298	0.93962	0.94630	0.95303	0.95981	0.96663	0.97350	0.98042	0.98738	0.56
0.57	0.99439	1.0014	1.0085	1.0157	1.0228	1.0301	1.0374	1.0447	1.0521	1.0595	0.57
0.58	1.0670	1.0745	1.0821	1.0897	1.0974	1.1051	1.1129	1.1208	1.1287	1.1366	0.58
0.59	1.1446	1.1526	1.1607	1.1689	1.1771	1.1854	1.1937	1.2021	1.2105	1.2190	0.59
0.60	1.2276	1.2361	1.2448	1.2535	1.2623	1.2711	1.2801	1.2890	1.2981	1.3071	0.60
0.61	1.3163	1.3255	1.3348	1.3441	1.3535	1.3630	1.3725	1.3821	1.3918	1.4015	0.61
0.62	1.4113	1.4212	1.4311	1.4411	1.4512	1.4613	1.4715	1.4818	1.4922	1.5027	0.62
0.63	1.5132	1.5237	1.5344	1.5451	1.5559	1.5668	1.5777	1.5888	1.5999	1.6111	0.63
0.64	1.6224	1.6337	1.6452	1.6567	1.6683	1.6800	1.6917	1.7036	1.7156	1.7276	0.64
0.65	1.7397	1.7519	1.7642	1.7766	1.7890	1.8016	1.8143	1.8270	1.8399	1.8528	0.65
0.66	1.8659	1.8790	1.8922	1.9055	1.9189	1.9324	1.9461	1.9598	1.9736	1.9876	0.66
0.67	2.0016	2.0157	2.0300	2.0443	2.0588	2.0733	2.0880	2.1028	2.1178	2.1328	0.67
0.68	2.1480	2.1632	2.1785	2.1940	2.2096	2.2254	2.2412	2.2572	2.2733	2.2896	0.68
0.69	2.3059	2.3224	2.3390	2.3557	2.3726	2.3896	2.4067	2.4240	2.4414	2.4590	0.69
0.70	2.4767	2.4945	2.5125	2.5306	2.5489	2.5673	2.5859	2.6046	2.6235	2.6426	0.70
0.71	2.662	2.681	2.701	2.720	2.740	2.760	2.780	2.800	2.821	2.842	0.71
0.72	2.863	2.884	2.905	2.926	2.948	2.969	2.991	3.013	3.036	3.058	0.72
0.73	3.081	3.104	3.127	3.150	3.173	3.197	3.221	3.245	3.270	3.294	0.73

0.74	3.319	3.344	3.369	3.394	3.420	3.446	3.472	3.498	3.525	3.552	0.74
0.75	3.579	3.606	3.634	3.661	3.690	3.718	3.747	3.775	3.805	3.834	0.75
0.76	3.864	3.894	3.924	3.955	3.985	4.017	4.048	4.080	4.112	4.144	0.76
0.77	4.177	4.210	4.243	4.277	4.311	4.345	4.380	4.415	4.450	4.486	0.77
0.78	4.52	4.56	4.60	4.63	4.67	4.71	4.75	4.79	4.82	4.86	0.78
0.79	4.90	4.94	4.99	5.03	5.07	5.11	5.15	5.20	5.24	5.28	0.79
0.80	5.33	5.37	5.42	5.46	5.51	5.56	5.61	5.65	5.70	5.75	0.80
0.81	5.80	5.85	5.90	5.95	6.01	6.06	6.11	6.17	6.22	6.28	0.81
0.82	6.33	6.39	6.45	6.50	6.56	6.62	6.68	6.74	6.81	6.87	0.82
0.83	6.93	7.00	7.06	7.13	7.19	7.26	7.33	7.40	7.47	7.54	0.83
0.84	7.61	7.68	7.76	7.83	7.91	7.98	8.06	8.14	8.22	8.30	0.84
0.85	8.39	8.47	8.55	8.64	8.73	8.82	8.90	9.00	9.09	9.18	0.85



Ek Tablo 2. z Tablosu

z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2297	0.2266	0.2236	0.2207	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1563	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1094	0.1075	0.1057	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0126	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0076	0.0073	0.0071	0.0070	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0014	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3.6	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.7	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.9	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



(Eğrinin altında kalan sağ taraftaki alanı verir.)

Ek Tablo 3. t Tablosu

Serbestlik Derecesi	Tek Yönlü Testte, α				
	0.25	0.05	0.025	0.01	0.005
	Çift Yönlü Testte, α				
	0.50	0.10	0.05	0.02	0.01
1	1.000	6.34	12.71	31.82	63.66
2	0.816	2.92	4.30	6.96	9.92
3	0.765	2.35	3.18	4.54	5.84
4	0.741	2.13	2.78	3.75	4.60
5	0.727	2.02	2.57	3.36	4.03
6	0.718	1.94	2.45	3.14	3.71
7	0.711	1.90	2.36	3.00	3.50
8	0.706	1.86	2.31	2.90	3.36
9	0.703	1.83	2.26	2.82	3.25
10	0.700	1.81	2.23	2.76	3.17
11	0.697	1.80	2.20	2.72	3.11
12	0.695	1.78	2.18	2.68	3.06
13	0.694	1.77	2.16	2.65	3.01
14	0.692	1.76	2.14	2.62	2.98
15	0.691	1.75	2.13	2.60	2.95
16	0.690	1.75	2.12	2.58	2.92
17	0.689	1.74	2.11	2.57	2.90
18	0.688	1.73	2.10	2.55	2.88
19	0.688	1.73	2.09	2.54	2.86
20	0.687	1.72	2.09	2.53	2.84
21	0.686	1.72	2.08	2.52	2.93
22	0.686	1.72	2.07	2.51	2.82
23	0.685	1.71	2.07	2.50	2.81
24	0.685	1.71	2.06	2.49	2.80
25	0.684	1.71	2.06	2.48	2.79
26	0.684	1.71	2.06	2.48	2.78
27	0.684	1.70	2.05	2.47	2.77
28	0.683	1.70	2.05	2.47	2.76
29	0.683	1.70	2.04	2.46	2.76
30	0.683	1.70	2.04	2.46	2.75
35	0.682	1.69	2.03	2.44	2.72
40	0.681	1.68	2.02	2.42	2.71
45	0.680	1.68	2.02	2.41	2.69
50	0.679	1.68	2.01	2.40	2.68
60	0.678	1.67	2.00	2.39	2.66
70	0.678	1.67	2.00	2.38	2.65
80	0.677	1.66	1.99	2.38	2.64
90	0.677	1.66	1.99	2.37	2.63
100	0.677	1.66	1.98	2.36	2.63
125	0.676	1.66	1.98	2.36	2.62
150	0.676	1.66	1.98	2.35	2.61
200	0.675	1.65	1.97	2.35	2.60
300	0.675	1.65	1.97	2.34	2.59
400	0.675	1.65	1.97	2.34	2.59
500	0.674	1.65	1.96	2.33	2.59
1000	0.674	1.65	1.96	2.33	2.58
∞	0.674	1.64	1.96	2.33	2.58