

Bioanalytical Methods in Images: A Study on Plants, Leaves, Insects, and Archaeological Fossils

Kaan ALPTÜRK ^{1*} 

¹ Belen Bahçeşehir koleji, Fizik, İskenderun, Hatay, Türkiye.
ekalpturk@atu.edu.tr

ABSTRACT

Biological image analysis has become a vital research tool across fields such as biology, ecology, paleontology, and archaeology, providing critical insights from detailed examinations of biological materials like plants, insects, and archaeological fossils. This article reviews and discusses key bioanalytical methods used in the analysis of biological images, highlighting their diverse applications across different sample types. The study categorizes the main techniques into four groups for non-invasive, detailed 3D analysis of internal structures in insects and fossil bones. Research indicates that commonly employed methods like AI-supported image processing, high-resolution microscopy, chemical mapping via spectroscopy, and non-invasive 3D reconstruction are crucial for extracting detailed anatomical, morphological, and chemical information. The collective application of these advanced techniques significantly contributes to understanding complex biological and paleo-environmental structures.

ARTICLE INFO

Received 15.10.2025,
Accepted 09.11.2025,
Available online 20.11.2025
Publication Date 20.11.2025

Keywords:

Biological image analysis,
biology, paleontology
archaeology

Distributed Under CC-BY 4.0



*Corresponding Author: Enver Kaan ALPTÜRK, E-mail: ekalpturk@atu.edu.tr

Görüntülerde Bioanaliz Yöntemleri: Bitki, Yaprak, Böcek ve Arkeolojik Fosiller Üzerine Bir İnceleme

ÖZET

Biyolojik görüntü analizi; biyoloji, ekoloji, paleontoloji ve arkeoloji gibi alanlarda hayati bir araştırma aracı haline gelmiş olup, bitkiler, böcekler ve arkeolojik fosiller gibi biyolojik materyallerin detaylı incelenmesinden kritik bilgiler sunmaktadır. Bu makale, biyolojik görüntülerin analizinde kullanılan temel biyoanalitik yöntemleri incelemekte ve bunların farklı örnek türlerindeki çeşitli uygulamalarını vurgulamaktadır. Çalışma, temel teknikleri; böceklerde ve fosil kemiklerinde iç yapıların invaziv olmayan, detaylı 3D analizi için dört ana grupta sınıflandırmaktadır. Araştırmalar, yapay zekâ (YZ) destekli görüntü işleme, yüksek çözünürlüklü mikroskopi, spektroskopi yoluyla kimyasal haritalama ve invaziv olmayan 3D rekonstrüksiyon gibi yaygın olarak kullanılan yöntemlerin; detaylı anatomik, morfolojik ve kimyasal bilgilerin çıkarılması için kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu gelişmiş tekniklerin toplu uygulaması, karmaşık biyolojik ve paleo-çevresel yapıların anlaşılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

MAKALE BİLGİSİ

Keywords:

Biyolojik görüntü analizi, biyoloji, paleontoloji, arkeoloji,

Distributed Under CC-BY 4.0



GİRİŞ

Biyolojik örneklerin görüntü analizi, biyoloji, ekoloji, paleontoloji ve arkeoloji gibi alanlarda önemli bir araştırma aracı haline gelmiştir. Bitkiler, yapraklar, böcekler ve arkeolojik fosiller gibi biyolojik materyallerin detaylı incelenmesi, bu alanlarda kritik bilgiler sunar. Bu makale, biyolojik görüntülerin analizinde kullanılan bioanaliz yöntemlerini inceleyecek ve bu yöntemlerin her birinin farklı biyolojik örnekler üzerindeki uygulamalarını tartışacaktır.

LİTERATÜR TARAMASI

Biyolojik görüntü analizi üzerine yapılan çalışmalar, bu alandaki yöntemlerin çeşitliliğini ve uygulama alanlarının genişliğini gözler önüne sermektedir. Bu bölümde, belirli yöntemlerin ve çalışmaların özetleri sunulacaktır.

Bilgisayarla Görme ve Yapay Zekâ; Bilgisayarla görme ve yapay zekâ, bitki ve yaprakların otomatik olarak tanımlanması ve sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kumar ve arkadaşları (2012), Leafsnap adlı bir uygulama geliştirerek bitki yapraklarının görüntülerini kullanarak tür tanımlaması yapmıştır. Bu çalışma, yapay zekâ ve makine öğrenme algoritmalarının biyolojik görüntü analizi için ne kadar etkili olabileceğini göstermiştir. Mayo ve Watson (2007) ise canlı güvelerin otomatik tür tanımlaması için bir sistem geliştirmiştir ve bu sistemin böceklerin populasyon dinamiklerinin izlenmesinde önemli katkılar sağladığını göstermiştir. Kutlu ve ark. (2024) DNA bozulmaları üzerine otomatik görüntü analiz aracı geliştirmişlerdir. Mikroskopi Teknikleri; Mikroskopi, biyolojik örneklerin hücresel ve subhücrese düzeyde incelenmesi için vazgeçilmez bir yöntemdir. Bidar ve Stokkermans (2021), bitki mikroskobu tekniklerini kullanarak bitki morfolojisi ve hücre biyolojisi üzerine önemli bulgular elde etmişlerdir. Beutel ve arkadaşları (2009) ise böceklerin mikro yapılarının detaylı incelenmesi için SEM kullanarak entomoloji çalışmalarına katkıda bulunmuşlardır. Bu teknikler, özellikle bitkilerin ve böceklerin ince yapısal özelliklerinin detaylı olarak anlaşılmasını sağlamaktadır. Atayolu (2021) yaptığı çalışmada kuru fasulye kullanarak sınıflandırma modeli sonuçları göstermiştir. Spektroskopi ve Kimyasal Görüntüleme, Spektroskopi, biyolojik materyallerin kimyasal bileşimlerinin analizinde sıkça kullanılmaktadır. Liu ve Murray (2016), FTIR spektroskopisini kullanarak biyolojik materyallerin kimyasal analizinde önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Fernández-López ve Pazos (2009), Raman spektroskopisi ile arkeolojik numunelerin mineral bileşimlerini tespit etmişlerdir. Bu çalışmalar, biyolojik ve arkeolojik örneklerin kimyasal yapılarının belirlenmesinde spektroskopi yöntemlerinin ne kadar kritik olduğunu göstermektedir.

3D Görüntüleme ve Tomografi; 3D görüntüleme teknikleri, biyolojik örneklerin üç boyutlu yapılarının incelenmesinde kullanılmaktadır. Faulwetter ve arkadaşları (2013), mikro-CT taramalarını kullanarak taksonomi çalışmalarına yeni boyutlar kazandırmışlardır. Donoghue ve Rucklin (2014), fosil kemiklerinin iç yapılarının analizinde mikro-CT'nin önemini vurgulamışlardır. Bu teknikler, biyolojik örneklerin iç yapılarının non-invaziv olarak incelenmesine olanak tanır ve detaylı anatomik bilgilerin elde edilmesini sağlar.

YÖNTEM

Görüntü İşleme ve Bilgisayarla Görme; Görüntü işleme ve bilgisayarla görme, biyolojik örneklerin otomatik olarak tanımlanması ve sınıflandırılması için yaygın olarak kullanılır. Bu yöntemler, genellikle yapay zekâ ve makine öğrenme algoritmaları ile desteklenir.

Uygulama Alanları: Bitkiler ve Yapraklar: Yaprakların şekil, renk ve doku analizleri, bitki türlerinin tanımlanmasında kullanılır. Örneğin, leafsnap gibi mobil uygulamalar, yapay zekâ kullanarak yaprakları tanımlayabilir (Kumar ve arkadaşları, 2012). Böcekler: Böcek türlerinin otomatik sınıflandırılması ve populasyon dinamiklerinin izlenmesi için kullanılır (Mayo ve

Watson, 2007). Arkeolojik Fosiller: Fosillerin morfolojik özelliklerinin tanımlanması ve sınıflandırılması için bilgisayarla görme teknikleri kullanılmaktadır (MacLeod ve arkadaşları, 2010).

Mikroskopi Teknikleri; Mikroskopi, biyolojik örneklerin ince detaylarının görüntülenmesi için temel bir yöntemdir. Elektron mikroskopisi (SEM ve TEM) ve konfokal mikroskopi gibi teknikler, hücresel ve subhücresele düzeyde ayrıntılı görüntüler sağlar.

Uygulama Alanları: Bitkiler ve Yapraklar: Hücresele yapıların incelenmesi, stomatal yoğunluk ve hücre duvarı özelliklerinin analizi için kullanılır (Bidar ve Stokkermans, 2021). Böcekler: Böceklerin mikro yapılarının, örneğin anten ve bacakların, incelenmesi için SEM kullanılır (Beutel ve arkadaşları, 2009). Arkeolojik Fosiller: Mikroskopi, fosil örneklerinin yüzey dokularının ve mineral bileşimlerinin analizinde kullanılır (Sutton ve arkadaşları, 2012).

Spektroskopi ve Kimyasal Görüntüleme; Spektroskopi, biyolojik materyallerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi için kullanılır. FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) ve Raman spektroskopisi gibi teknikler, örneklerin kimyasal yapısının analizinde yaygındır.

Uygulama Alanları: Bitkiler ve Yapraklar: Bitkilerin kimyasal bileşimleri, besin içerikleri ve stres yanıtları üzerine çalışmalarda kullanılır (Liu ve Murray, 2016). Arkeolojik Fosiller: Fosillerin mineral bileşimlerinin ve paleodiyetlerin belirlenmesinde spektroskopi yöntemleri kullanılır (Fernández-López ve Pazos, 2009).

3D Görüntüleme ve Tomografi; 3D görüntüleme ve tomografi, biyolojik örneklerin üç boyutlu yapılarının detaylı analizini sağlar. Mikro-CT ve MRI gibi teknikler, biyolojik örneklerin iç yapılarının non-invaziv olarak incelenmesine olanak tanır.

Uygulama Alanları: Böcekler: Mikro-CT, böceklerin iç anatomisinin üç boyutlu görüntülenmesi için kullanılır (Faulwetter ve arkadaşları, 2013). Arkeolojik Fosiller: Fosil kemiklerinin iç yapısının ve mikro yapısının analizi için mikro-CT taramaları yapılır (Donoghue ve Rucklin, 2014).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Biyolojik görüntülerin analizi, çeşitli bilimsel alanlarda önemli ilerlemeler sağlamaktadır. Görüntü işleme ve bilgisayarla görme, mikroskopi, spektroskopi ve 3D görüntüleme yöntemleri, bitkiler, yapraklar, böcekler ve arkeolojik fosiller gibi biyolojik örneklerin detaylı incelenmesi için kullanılmaktadır. Her bir yöntem, belirli bir biyolojik örnek türü için benzersiz avantajlar sunar ve bu yöntemlerin kombinasyonu, kapsamlı ve çok yönlü analizler yapmayı mümkün kılar.

KAYNAKÇA

- Kumar, N., Belhumeur, P. N., Biswas, A., Jacobs, D. W., Kress, W. J., Lopez, I. C., & Soares, J. V. B. (2012). Leafsnap: A computer vision system for automatic plant species identification. In *Computer Vision–ECCV 2012* (pp. 502-516). Springer Berlin Heidelberg.
- Mayo, M., & Watson, A. T. (2007). Automatic species identification of live moths. *Knowledge-Based Systems*, 20(2), 195-202.
- MacLeod, N., Benfield, M., & Culverhouse, P. (2010). Time to automate identification. *Nature*, 467(7312), 154-155.
- Atayolu, Y. (2021). Effects of Data Dimension Reduction on Classification Accuracy with Using Dry Beans Dataset. *Journal of Artificial Intelligence with Applications*, 2(1), 1-4
- Bidar, A., & Stokkermans, T. J. (2021). Techniques in Plant Microscopy: Plant Morphology, Cytology, and Cell Biology. In *Methods in Molecular Biology* (Vol. 2357, pp. 1-15). Springer US.
- Beutel, R. G., Friedrich, F., & Leschen, R. A. B. (2009). *Insect morphology and phylogeny: A textbook for students of entomology*. Walter de Gruyter.
- Sutton, M. D., Garwood, R. J., & Siveter, D. J. (2012). Advances in arthropod palaeontology and evolutionary developmental biology. *Arthropod Structure & Development*, 41(5), 487-503.
- Liu, C. W., & Murray, B. J. (2016). A review of the use of FTIR spectroscopy to measure biological materials. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 176, 111-122.
- Fernández-López, S., & Pazos, P. J. (2009). Raman spectroscopy for molecular analysis in archaeology: a non-destructive technique to identify the mineralogy of archaeological samples. *Journal of Raman Spectroscopy*, 40(7), 923-931.
- Faulwetter, S., Dailianis, T., Vasileiadou, A., & Arvanitidis, C. (2013). Micro-computed tomography: introducing new dimensions to taxonomy. *ZooKeys*, (263), 1.
- Donoghue, P. C. J., & Rucklin, M. (2014). The future of the fossil record. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1646), 20130342.
- Kutlu, Y., Turan, F., Ergenler, A. (2024). An Alternative Automated Image Processing Tool for the Detection and Quantification of DNA Damage Using Comet Assay. *Tethys Environmental Science*, 1(1), 17-26,